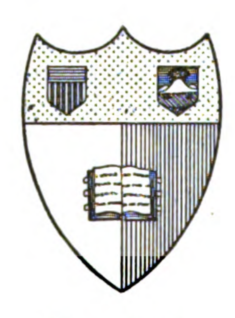



ANNEX
LIBRARY
C
022296





ABHANDLUNGEN

DER

NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT ZU HALLE

ORIGINALAUFSÄTZE

AUS DEM GEBIETE DER GESAMTEN NATURWISSENSCHAFTEN

IM AUFTRAGE DER GESELLSCHAFT HERAUSGEGEBEN

VON IHREM SECRETAIR

Dr. GUSTAV BRANDES

PRIVATDOZENT DER ZOOLOGIE

XXI. Band.

Mit 9 Tafeln und 34 Figuren im Text



HALLE
MAX NIEMEYER
1896—1898

Inhalt

	Seite
Kurt Müller, Die Serumtherapie bei Diphtherie in Theorie und Praxis, nach eignen Beobachtungen in der chirurgischen Klinik zu Halle	1
R. Schenck, Beiträge zur Theorie der Lösungen	23
E. Dorn und B. Völlmer, Ueber die Einwirkung von Salzsäure auf metallisches Natrium bei niederen Temperaturen	45
E. Dorn, Ueber die Schwingungsrichtung der Röntgen-Strahlen	53
G. Kümmell-Leipzig, Ueber Fresnelsche Beugungserscheinungen bei Röntgenstrahlen. Mit Tafel I	63
K. E. F. Schmidt, Bemerkungen zu der vorstehenden Arbeit. Mit 1 Figur im Texte	66
E. Dorn, Mitteilungen über Röntgen-Strahlen. Mit Tafel II	73
D. v. Schlechtendal, Beitr. z. näheren Kenntnis der Braunkohlenflora Deutschlands. Mit Tafel III—IV und 1 Figur im Texte	83
A. Artari, Ueb. einen i. Safte d. Zuckerfabr. in Gemeinschaft m. Leuconostoc schädlich auftretenden, den Zucker z. Alkohol u. Säure vergähr. Saccharomyces (S. Zopfii). Mit 8 Figuren im Texte	111
R. Schenck, Untersuchungen über die krystallinischen Flüssigkeiten. Mit 4 Figuren im Texte	133
K. E. F. Schmidt, Ueber die Ablenkung der Kathodenstrahlen durch elektrische Schwingungen. (Erste Mitteilung) Mit Tafel VII und 1 Figur im Texte	161
—, — — (Zweite Mitteilung): Grundgesetz für die Ablenkung der Strahlen. Mit 6 Figuren im Texte	171
G. Brandes, Die Gattung Gastrothylax. Mit Tafel VIII—IX	193
K. E. F. Schmidt, Ueber die Ablenkung der Kathodenstrahlen durch elektrische Schwingungen. (Dritte Mitteilung)	227
D. Vorländer, Einfluss des Carbonyls auf benachbarte Gruppen	231
Herrmann und Vorländer, Ueber das Verhalten ungesättigter Verbindungen gegen Malonsäureester	251
G. Brandes, Das Nervensystem der als Nemathelminthen zusammengefassten Wurmtypen. Mit 11 Figuren im Texte	271

DIE
SERUMTHERAPIE BEI DIPHTHERIE
IN THEORIE UND PRAXIS

NACH EIGNEN BEOBACHTUNGEN IN DER CHIRURGISCHEN KLINIK ZU HALLE

VON

DR. KURT MÜLLER,
ASSISTENT DER CHIRURGISCHEN KLINIK.

M. H.[1]) Vor wenigen Monaten hat sich auf dem Gebiete der inneren Medizin ein Umschwung vollzogen, der bei Erfüllung der Hoffnungen, die man auf ihn setzt, an Bedeutung dem ebenbürtig scheint, wie ihn vor etwa einem Vierteljahrhundert die Einführung der LISTER'schen Methode in die chirurgische Wundbehandlung darstellte. Durch Anwendung der anti- und der a-septischen Behandlung in der chirurgischen Praxis ist es gelungen eine ganze Zahl von Infektionskrankheiten geradezu zum Verschwinden zu bringen, ich erinnere nur an den Schrecken der Operateure, den Hospitalbrand, dem ein grosser Prozentsatz aller Verletzten und Operierten mit Notwendigkeit erliegen musste, an die Zeiten, in denen die Amputation eines Gliedes den Charakter einer lebensgefährlichen Operation trug.

Jetzt tritt durch die Entdeckungen von BEHRING und ROUX die interne Medizin in ähnlicher Weise in den Vordergrund. Die sogen. Serumtherapie ist es, die heut in Aerzte- und Laienkreisen geradezu ein Tagesgespräch bildet, wenigstens insoweit, als sie sich auf das Gebiet der Diphtherieheilung bezieht. Seit der vorjährigen Naturforscher-Versammlung in Wien, sind die Versuche mit Diphtherie-Heilserum in grossem Massstabe in Angriff genommen worden; anscheinend ganz plötzlich und allen unerwartet trat BEHRING mit seinen viel besprochenen Versprechungen in Betreff der Diphtherieheilung hervor, und nur die Minderzahl — selbst in Aerztekreisen — war den mühsamen jahrelangen Untersuchungen gefolgt, wie sie von BEHRING an Tieren zur Ausbildung seiner Heilmethode vorgenommen wurden.

Ich glaube deshalb, dass es ihnen nicht uninteressant scheint, wenn ich theoretisch in Kürze noch einmal den Gang, wie die Heilung

[1]) Vortrag gehalten in der Sitzung am 15. Juni 1895.

zu stande kommt, und das auseinander zu setzen versuche, was wir von der Serumtherapie überhaupt erwarten können, ehe ich die in der hiesigen chirurgischen Klinik beobachteten Fälle von Diphtherie genauer erörtere.

Die Serumtherapie trägt in erster Linie den Charakter einer absolut spezifischen Therapie; nur das Serum gegen Diphtherie immunisierter Tiere wirkt antidiphtherisch, und es geht aus dieser einen einzigen Forderung ohne Weiteres hervor, dass von Diphtheriefällen gute Aussichten auf Heilung nur die haben, die durch die jetzt wohl allgemein als die Diphtherieerreger angesehenen LÖFFLER'schen Bacillen erzeugt sind; weniger günstig liegen die Chancen für die Fälle, bei denen eine Mischinfektion vorliegt. Es lässt sich ohne weiteres einsehen, dass von diesen überhaupt nur die beeinflusst werden können, bei denen die von den Diphtheriebacillen gesetzten Erscheinungen, die durch die Nebeninfektionserreger erzeugten, überwiegen. Vergessen darf man aber dabei nicht, dass noch eine andere Möglichkeit denkbar ist, nämlich die, dass durch Anwendung der Serumtherapie, d. h. durch Einverleibung der antitoxischen Körper, die Körperzellen in einen Zustand versetzt werden könnten, in denen sie zwar den Diphtheriebacillen gegenüber einen hohen Grad von Widerstandsfähigkeit bekommen, den gleichzeitig vorhandenen sekundären Infektionserregern gegenüber aber an Widerstandskraft einbüssen; mit anderen Worten, es ist die Möglichkeit nicht auszuschliessen, dass z. B. bei einem mit Streptokokken komplicierten Diphtheriefall erst durch die Einspritzung des Heilserums eine besondere Disposition zur Streptokokkeninvasion geschaffen wird.

Mit dieser Möglichkeit muss man rechnen, seit man weiss, dass z. B. Staphylokokken unter Umständen erst dann Eiterung erzeugen, wenn die Gewebe durch gewisse chemische oder physikalische Reize in einen hierfür geeigneten Zustand versetzt sind. Die Frage, ob diese Möglichkeit eintritt, ist einzig und allein durch die Beobachtungen am Krankenbett zu beantworten und ich will es gleich vorweg nehmen, dass zur Zeit die grösste Zahl der Beobachter darin übereinstimmt, dass durch die Serumbehandlung nie geschadet werden kann, dass man also mit der Möglichkeit einer Verschlimmerung des sekundären Krankheitsprozesses nicht zu rechnen braucht.

Ganz unzugänglich für die Serumtherapie werden endlich die Fälle von Diphtherie oder sogenannter Diphtherie sein, die durch andere Erreger als die LÖFFLER'schen Bacillen erzeugt sind.

Wer also über die Wirkungen des Diphtherie-Antitoxin überhaupt ein Urteil sich gestatten will, der muss über bakteriologisch genau untersuchte Fälle verfügen, eine Forderung, wie sie zuerst in ausgedehntester Weise in Amerika und England durch staatliche Organisation durchgeführt und in Deutschland von verschiedenen Autoren angestrebt wird. Augenblicklich sind nur eine geringe Zahl von Aerzten und Krankenanstalten in der Lage dieser Forderung, die für den einzelnen eine sehr erhebliche Arbeit bedeutet, zu genügen, und es ist deshalb staatliche Organisation durchaus, etwa in der in New-York gebräuchlichen, oder von ESMARCH vorgeschlagenen Weise erwünscht. Nur eine durch Jahre fortgesetzte Untersuchung möglichst aller Diphtheriefälle bei gleichzeitiger Kontrolle der Serumwirkung, in der Weise, wie sie jetzt auf einem vom Reichsgesundheitsamte vorgeschriebenen Formulare verlangt wird, werden einmal ein abschliessendes Urteil über die Serumbehandlung der Diphtherie gestatten; alles was wir bisher darüber wissen sind nur Eindrücke der einzelnen Beobachter, die in ihrer Gesamtwirkung allerdings ein gewisses Urteil gestatten.

Wenn ich nun zur wissenschaftlichen Begründung der Serumtherapie übergehe, so beruht die Möglichkeit einer Heilung der Diphtherie auf der durch zahlreiche Experimente festgestellten Thatsache, dass das Serum von Tieren, die gegen Diphtherie immunisiert sind, auf andere übertragen, immunisierend wirkt. Diese Thatsachen sind feststehende und können von Jedermann nachgeahmt werden. Die Einwendungen, wie sie KASSOWITZ in der Wiener medizinischen Gesellschaft erhob, sind in dieser Hinsicht nicht haltbar und dort (Ref. Münchener Medizin. Wochenschrift 1895 Nr. 5, S. 109) bereits von GRUBER und PALTAUF widerlegt worden, welcher letztere über eigene Beobachtungen am Tier berichtet, die durchaus die BEHRING'schen Versuche bestätigen. Der neue Schritt in der Serumtherapie ist der, dass BEHRING seine an Tieren zweifellos gelungenen Resultate auf Menschen überträgt, ein Schritt der bei dem Gelingen der Tierversuche geradezu als ein notwendiger bezeichnet werden muss, ein Schritt der seine vollste Berechtigung hat und hoffentlich zur Vernichtung einer der furchtbarsten Seuchen führen wird.

Aufgabe der praktícierenden Aerzte ist es, festzustellen, ob das für Tiere gültige Gesetz auch auf den Menschen Gültigkeit hat, eine Aufgabe, deren definitive Lösung der nächsten Zukunft vorbehalten bleibt.

Ich will hier nicht näher darauf eingehen, wie es Behring und seinen Mitarbeitern gelang zunächst kleinere, später grössere Tiere gegen Diphtherie zu immunisieren. Heut werden zur Serumgewinnung fast ausschliesslich sowohl in Deutschland als auch in den ausserdeutschen Ländern Pferde benutzt, bei denen durch Injection abgeschwächter Diphtheriebacillen der nötige Immunisierungsgrad erzeugt wird.

Das aus dem Blut so vorbereiteter Tiere gewonnene Serum ist es dann, welches immunisierend und heilend wirken soll. Aus den Tierversuchen geht hervor, dass die Einverleibung des Serums immunisierter Tiere andere Tiere mit Sicherheit bei genügender Dosierung vor nachfolgender Infektion schützt und ferner, dass es in einer Anzahl von Fällen gelingt, bei bereits diphtheriekranken Tieren die Erkrankung zu hemmen und zur Heilung zu bringen. Wir dürfen deshalb für den Menschen, wenn wir ohne Weiteres aus dem Tierexperiment schliessen dürfen, die grössten Erwartungen auf die Immunisierung setzen, während die Chancen auf Heilung einer bereits ausgebrochenen Erkrankung ganz wesentlich unsicherere sind; dass ferner die Chancen der Heilung einer bereits ausgebrochenen Erkrankung, ich möchte sagen, geradezu in geometrischer Progression ungünstiger werden, je mehr Zeit seit Beginn der Erkrankung verflossen ist, ist die logische Folge dieser Voraussetzungen. Es kann deshalb nicht genug auf die eigenen Worte Behring's hingewiesen werden, der einen Erfolg seiner Therapie nur bei Einleitung derselben in den ersten Erkrankungs-Stunden und -Tagen verspricht; die möglichst frühzeitige Behandlung der Diphtherie mit Heilserum ist demgemäss die Hauptforderung, wenn man auf Heilungen rechnen will. In der That stimmen mit diesen Ueberlegungen fast vollständig die Urteile der Autoren überein, die sich bisher über die Serumfrage geäussert haben; es scheint auch aus den Debatten des Münchener Kongresses und der Berliner und Wiener mediz. Gesellschaft hervorzugehen, dass bei frühzeitiger Behandlung eine Hemmung des Krankheitsverlaufs eintritt, während alle die, welche vorgeschrittenere Fälle in grösserer Menge zur Behandlung bekamen, ein Heruntergehen der Mortalität nicht bemerken

konnten; besonders scheinen die tracheotomierten Fälle kaum beeinflusst zu werden. Es ist dies auch nicht so wunderbar; wir wissen, dass mit steigender Dosis von Antitoxineinheiten die Chancen auf Heilung bessere werden. In der Form, wie die antitoxischen Körper uns jetzt geboten werden, in Lösung in Blutserum, welches mit gewissen keimfeindlichen (konservierenden) Zusätzen versetzt ist, werden immerhin nicht unbeträchtliche Anforderungen hinsichtlich der Resorption des Serums und der Ausscheidung der konservierenden Körper an den Organismus gestellt, denen unter Umständen ein sehr geschwächter Körper nicht gewachsen ist. Es sind also für die Verwendung des Serums Grenzen nach obenhin in der Hinsicht gezogen, dass, solange die antitoxischen Körper in der jetzt üblichen voluminösen Form dem Organismus einverleibt werden müssen, dieser nicht unter allen Umständen mehr zur Ausnützung dieser Heilkörper befähigt ist, indem zur Aufnahme derselben gewisse nicht unbedeutende Anforderungen an ihn gestellt werden. Die Anforderungen an ihn sind um so geringere, und die Möglichkeit der Ausnützung der Heilkörper wird eine um so sichere werden, je leichter dieselben in den Organismus übergehen, wozu in erster Linie ein möglichst kleines Volumen nötig scheint. Es scheint also wahrscheinlich, dass wir mit der Verbesserung der Darreichungsmethode für die Zukunft einen noch besseren Erfolg erwarten dürfen.

Die sichersten Erfolge haben wir nach den Experimenten bei Tieren in den Immunisierungen zu erwarten. Ob wir thatsächlich für den Menschen von ihnen viel hoffen dürfen, kann gleichfalls, natürlich nur durch ein grosses Beobachtungsmaterial beantwortet werden. Doch möchte ich es nicht unterlassen, darauf aufmerksam zu machen, dass eine sehr wichtige Frage die ist, wie lange die Immunisierung vorhält. Wir wissen, dass sich nach Ueberstehen von Diphtherie noch 4, 6 ja 8 Wochen lang virulente Keime im Munde der Genesenen finden können, dass also diese noch nach sehr langer Zeit eine Infektionsquelle für ihre Umgebung darstellen können. Hält nun die Immunisierung — ich übergehe es, die noch keineswegs feststehende Zahl von Antitoxineinheiten, die hierzu nötig sind, zu erwähnen — so lange vor? Die Antwort ist die, dass wir noch nichts Sicheres darüber wissen, wie lange die immunisierenden Körper im Organismus erhalten bleiben, wahrscheinlich aber nicht über eine Zeit mehrerer Wochen hinaus.

Ich glaube, dass wir auf die jetzige Form der Diphtherieimmunisierung nicht zu hohe Hoffnungen setzen dürfen, so lange die immunisierenden Faktoren nur im Blutserum anderer Tiere übertragen werden können, denn es ist ein feststehendes bakteriologisches Gesetz, dass eine Immunisierung um so unsicherer und um so kürzer dauernd ist, je mehr sich die immunisierenden Körper von den lebenden Bakterien selbst entfernen.

Die Bedeutung dieses Gesetzes wird am klarsten, wenn ich ihnen die Möglichkeit darstelle, durch die überhaupt Immunisierung zu stande kommt und die Dauer der erzeugten Immunität anführe.

Am sichersten und längsten pflegt die Immunisierung zu sein, die man als Selbstimmunisierung des Organismus bezeichnen könnte, wie sie oft nach Ueberstehen gewisser Infektionskrankheiten, z. B. der Pocken, des Scharlachs vorkommt. Ein so immunisierter Organismus pflegt entweder nie mehr oder aber nur in vereinzelten Fällen, oft erst nach vielen Jahren ein zweites Mal an derselben Infektion zu erkranken; er ist also dadurch, dass vollvirulente Keime in ihm eine schwere Erkrankung erzeugten, lange Zeit immun geworden.

Dieser meist lebenslänglich dauernden Immunität reiht sich die künstliche an, wie sie durch Einimpfung abgeschwächter Keime derselben Art, erzeugt werden kann. Den gefährlichsten Versuch dieser Art stellte die Inoculation der Menschenblattern nach JENNER vor, die jetzt durch das ähnliche, aber unschädliche Verfahren der Ueberimpfung der Kuhpocken ersetzt ist. Hier hält der Schutz etwa 5—10 Jahre an. Auf gleichem Prinzip beruht die Impfung PASTEURS der Schafe gegen Milzbrand, wie sie in Frankreich vielfach geübt wird, bei der der Schutz, trotz der ungeheuren Virulenz des Milzbrandkeimes für die betreffende Tierart, 2—3 Jahre dauern soll.

Bedeutend unsicherer schon sind die Erfolge bei Uebertragung von Stoffwechselprodukten zum Zwecke der Immunisierung, Methoden, wie sie FRAENKEL gegen Diphtherie von Tieren verwendete, wie sie jedenfalls auch das Verfahren von PASTEUR gegen Hundswut und die Verwendung des Tuberkulins gegen Tuberkulose darstellen.

Noch eine Stufe tiefer als die Versuche mit Stoffwechselprodukten hinsichtlich ihrer Sicherheit und Dauer stehen die durch Ueber-

tragung von Säften oder Organbestandteilen immun gemachter Tiere. In diese Kategorie gehört die Serumtherapie; und hat sie bisher vielleicht auch gezeigt, dass eine Heilung durch sie möglich ist, so bleibt doch noch für die nächste Zukunft die Frage, wie lange der zu Immunisierungszwecken erzeugte Schutz andauert, zu beantworten. Hoffen wir, dass die Beantwortung dieser Frage ähnlich günstig ausfällt, wie die grösste Zahl der Autoren sie in Betreff der Diphtherieheilung, falls die Behandlung frühzeitig einsetzt, beantwortet hat.

Ich gehe nun zur Besprechung der Diphtheriefälle der chirurgischen Klinik zu Halle über.

Ich glaube nicht fehlzugehen, wenn ich das Diphtheriematerial unserer Klinik als vielleicht das prognostisch ungünstigste bezeichne, im Vergleich zu dem, welches in den einzelnen Statistiken bisher überhaupt berücksichtigt wurde. Es geht das vor allen Dingen aus dem hohen Prozentsatz der Tracheotomieen hervor, welche jedes Jahr bei uns nötig wurden; nur die Serumtherapie hat hierin eine unbedeutende Wandlung geschaffen.

Es scheint, als ob in der Serumperiode die Prognose der Fälle an und für sich eine Wenigkeit günstiger geworden wäre, weil eine Zahl von Fällen eher in Behandlung kamen, während sie früher eigentlich nur zur Tracheotomie hierher geschickt wurden. Berücksichtige ich nun die in der Zeit der Serumtherapie behandelten Fälle allein, so verfüge ich über 110 Fälle von Diphtherie und zwar nur bei Kindern unter 12 Jahren, mit Ausnahme Zweier, die erwachsene Personen betrafen. Von diesen 110 mussten tracheotomiert werden 70 % und zwar 73 % der Serum- und 63,7 % der Kontrollfälle (vgl. später).

Fast sämtliche dieser Fälle, nämlich 94 sind von mir auf das Genaueste bakteriologisch untersucht worden und zwar in einer Form, die von der allgemein üblichen in einem Punkte abweicht, der mir von grosser Wichtigkeit zu sein scheint.

Während die grösste Zahl der anderen Untersucher sich darauf beschränkt hat, ihr Material von den Belägen des Mundes, oder wenigstens vom Munde aus zu entnehmen, habe ich bei sämtlichen tracheotomierten das Untersuchungsmaterial durch die, durch die Operation geschaffene Luftröhrenfistel, einmal aus dem Kehlkopf dann aus der Luft-

röhre selbst entnommen. Dadurch vielleicht bin ich zu etwas anderen Ergebnissen gelangt, als die Mehrzahl der anderen Untersucher.

Das entnommene Material wurde teils sofort, teils nach Abspülung in sterilisierter Bouillon über 3 Agarglycerinplatten hintereinander ausgestrichen und dann im Brutofen aufbewahrt. Von dem Rest des Materials wurden in der üblichen Weise Deckglastrockenpräparate angefertigt, die in starker LÖFFLER'scher Methylenblaulösung gefärbt wurden. Diese Art der Färbung, neben der häufig noch andere versucht wurden, hat sich als die zweckmässigste bewährt.

Die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung sind nun folgende. In der bei weiten überwiegenden Zahl der Fälle fanden sich Diphtheriebacillen, nämlich von den 94 in 83 Fällen.

Es fehlten Diphtheriebacillen demgemäss in nur 11 Fällen und von diesen waren etwa drei Viertel solche von Rachendiphtherie scheinbar ohne Beteiligung des Kehlkopfes. Man kann deshalb sagen, dass mit grösster Wahrscheinlichkeit alle die Fälle diphtherieähnlicher Erkrankung, welche die Tendenz zeigen auf Kehlkopf und Trachea überzugehen, von Diphtheriebacillen erzeugt werden.

Nur wenige Fälle von sogenanntem Kehlkopfkrup zeigten weder kulturell noch mikroskopisch Diphtheriebacillen, sondern nur Staphylokokken und Streptokokken, teils allein, teils zusammen.

Die jedoch häufig aus der Anamnese sich ergebende Beobachtung, dass die Erkrankung mit einem weissen Belag begonnen habe, der schnell verschwunden sei, legt auch hier den Verdacht nahe, dass die eigentliche Ursache der Erkrankung Diphtheriebacillen waren, die durch die sekundären Infektionserreger überwuchert wurden, und infolgedessen untergingen.

Die Untersuchung unserer Fälle ergiebt demgemäss zweifellos, dass dem LÖFFLER'schen Diphtheriebacillus die Erzeugung absteigender Diphtherie zukommt, während eine Zahl von Fällen sogenannter Rachendiphtherie vielleicht auch ohne Beteiligung von Diphtheriebacillen vorkommen kann.

Haben nun unsere Untersuchungen ergeben, dass in fast allen Fällen von Kehlkopf- und Trachealdiphtherie Diphtheriebacillen vorhanden sind, so zeigt sich doch weiterhin, dass in nur sehr wenigen Fällen die Diphtheriebacillen die einzigen Erreger darstellen, viel-

mehr wurden neben ihnen am häufigsten Staphylokokken (Staphylococcus aureus), dann Streptokokken, Diplokokken und in einzelnen Fällen kurze dicke Bacillen beobachtet.

Das Verhältnis stellt sich folgendermassen:

Von 94 Fällen waren

18 Fälle reiner Diphtherie
32 „ compliciert mit Staphylokokken
19 „ mit Diplokokken
6 „ mit Streptokokken
5 „ mit Staphylokokken und Streptokokken.

Der in einzelnen Fällen gefundene kurze dicke Bacillus wurde morphologisch nicht weiter bestimmt.

Daraus ergiebt sich für die Beurteilung unserer Resultate der Serumbehandlung die ausserordentlich wichtige Thatsache, dass wir über nur sehr wenige Fälle verfügten, die für die Serumbehandlung direkt günstige Chancen gegeben hätten; denn wie ich bereits bemerkte, ist die Serumtherapie nach Behring eine streng spezifische Therapie, deren Erfolge deutlich nur bei einer allein durch Diphtheriebacillen erzeugten Diphtherie zu Tage treten können. Trotzdem sind unsere Untersuchungen von hoher Wichtigkeit, da sie sich auf eine grosse Zahl der schwersten Diphtherieinfektionen beziehen, wie sie in jeder grossen Stadt in grosser Menge vorkommen dürften. Würden unsere Untersuchungen ergeben, dass diese schweren komplizierten Fälle in ungünstigem Sinne beeinflusst würden, so würden sie immerhin der Serumtherapie hinderlich im Wege stehen.

Erfreulicherweise hat es sich nun gezeigt, dass eine ungünstige Beeinflussung seitens des Serums nicht eintritt; es müssen deshalb, so lange ein abgeschlossenes Urteil über die Serumbehandlung nicht vorliegt, auch solche Fälle in den Bereich der Serumbehandlung hineinbezogen werden, selbst wenn ein deutlicher oder wenigstens einigermassen deutlicher Einfluss dieser Behandlung sich nicht zeigt.

Nach dieser mehr theoretischen Deduktion will ich nun dazu übergehen, Ihnen durch einfaches zahlenmässiges Anführen der Fälle zu ermöglichen, sich selbst ein Urteil zu bilden, ob und wie weit unsere Fälle durch die Serumbehandlung beeinflusst wurden.

Es wurden in der Serumperiode im ganzen in der chirurgischen Klinik 110 Fälle von Diphtherie und zwar 71 mit und 39 ohne Serum behandelt.

Bei den 71 Serumfällen kam in 59 Fällen das Höchster Präparat, bei 12 das SCHERING'sche zur Verwendung. Unterschiede bei der Verwendung beider Sorten haben sich nicht ergeben; es kann die Besprechung demgemäss gemeinschaftlich erfolgen.

Die 39 ohne Serum behandelten Fälle, welche ich als Kontrollfälle bezeichnen will, verdienen diesen Namen eigentlich nicht. Diese Reihe von Beobachtungen kam überhaupt nur dadurch zu stande, dass wir ganz unabhängig von unserem Willen, oft gegen denselben, einfach weil Serum nicht zu erhalten war, gezwungen wurden Fälle ohne das neue Mittel zu behandeln. Die anscheinend günstigen Resultate bewogen uns dann eine ganze Reihe von aufeinanderfolgenden Fällen zum Vergleich in gleicher Weise zu behandeln, ohne Rücksicht darauf, ob sie leicht oder schwer, ja moribund waren. Der nachher zu erwähnende fast völlig gleiche Prozentsatz an Tracheotomieen zwischen Serum- und Kontrollfällen ist geeignet, Ihnen die absolute Gleichartigkeit des Materials zu beweisen.

Sowohl die Serumfälle, als die Kontrollfälle standen bei ihrer Einlieferung in verschwindender Minderzahl in den ersten Erkrankungstagen. Mehr als $^3/_4$ waren bereits 4 und mehr Tage erkrankt. Kinder, schon in der Agone durch Kehlkopfverschluss fanden sich zahlreich darunter. Jedesmal liess sich jedoch durch die Tracheotomie Hilfe schaffen, welche nur in 3 Fällen bei einer gleichzeitig bestehenden ausgedehnteren Pneumonie von problematischem Wert erschien.

Von den 110 behandelten Fällen starben im ganzen 41 = 37,3 %, während die Mortalität von 202 Fällen des Jahres 1. April 1893 bis 1. April 1894 114 = 56,4 % also fast 20 % mehr betrug. Ob diese Besserung des Mortalitätsverhältnisses eine Folge der Serumbehandlung oder Folge eines veränderten Charakters der Epidemie ist, können Ihnen vielleicht die folgenden Zahlen erläutern.

Zunächst sei nochmals darauf hingewiesen, dass Serum- und Kontrollfälle hinsichtlich ihrer Schwere wohl vollständig gleich waren, einfach schon deshalb, weil eine Auswahl nicht stattfinden konnte.

Von den 71 Serumfällen starben nun im ganzen 40 % von den 39 Kontrollfällen dagegen nur 31 %; ja der Unterschied verschlechtert sich zu Ungunsten des Serums, wenn wir nur die schwersten Fälle, die Tracheotomierten ins Auge fassen; da starben von 52 tracheotomierten Serumfällen 26, d. h. gerade 50 %, während von 25 tracheotomierten Kontrollfällen nur 10, also 40 % starben.

Ohne Serum war demgemäss die Mortalität um 10 % geringer als mit Serum.

Ich brauche nicht hinzuzufügen, dass abgesehen von der Seruminjektion alle Fälle gleichmässig exspectativ behandelt wurden und dass einzig für gute Ernährung und Stärkung der Herzthätigkeit, überhaupt möglichste Kräftigung des Organismus gesorgt wurde.

Die oben angeführten Zahlen könnten nun leicht zur Annahme führen, dass die mit Serum behandelten Fälle in ungünstigem Sinne beeinflusst wären, da durchweg die Mortalität eine höhere ist, als bei den Kontrollfällen.

Dieser Anschauung möchte ich jedoch mit aller Energie entgegentreten; die Zahlen sind viel zu geringe, als dass ein Unterschied von 10—15 % etwas zu bedeuten hätte. Einen Einwand möchte ich jedoch nicht unterdrücken, der Ihnen auch nach meinen im Beginn gegebenen theoretischen Deduktionen nur logisch erscheinen wird, nämlich den, dass man doch aus diesen Versuchsreihen den Eindruck gewinnen muss, dass zur Zeit ein bereits vorgeschrittener Fall von Diphtherie durch die Serumbehandlung nur wenig oder kaum beeinflusst werden kann, sobald sich Staphylokokken, Streptokokken oder Diplokokken neben den Diphtheriebacillen vorfinden. Speziell die Diplokokken scheinen eine ausserordentlich ernste Prognose zu verlangen. Fast sämtliche mit Diplokokken komplizierten Fälle sind an ausgedehnten Pneumonieen gestorben, und es ist mir in einer Zahl von Fällen gelungen, Diplokokken in den Lungenheerden nachzuweisen, während ein Nachweis von Staphylokokken oder Streptokokken nicht gelang. Es scheint also, als ob die Diplokokken durch direktes Absteigen von den Membranen aus, in denen sie meist Tage vor der Entstehung der Pneumonie nachgewiesen wurden, örtliche Veränderungen in den Lungen hervorrufen, während die Staphylokokken und Streptokokken durch Entwickelung von Stoffwechsel-

produkten an Ort und Stelle, die Körperzellen auf dem Wege der Blut- und Lymphbahnen beeinträchtigen und durch Herabsetzung ihrer Vitalität im Verein mit dem spezifischen Diphtheriegift den Tod herbeiführen.

Dies sind jedoch nur Vermutungen; die kulturell gewonnenen Resultate scheinen mir bei einer nicht unter bakteriologischen Kautelen ausgeführten Sektion nicht einwandsfrei genug. Nur die Schnittpräparate sind geeignet die Frage zu beantworten und diese Untersuchungen sind eben erst begonnen.

Schliesslich erübrigt es noch auf einige Punkte zurückzukommen, welche bei den einzelnen Debatten Gegenstand lebhafter Diskussion geworden sind; das ist einmal das Verhalten des Urins vor und nach der Injektion, und dann das der Temperatur.

Es ist, wenn es irgend möglich war, jedesmal der Urin vor und in regelmässigen zwölfstündigen Intervallen nach der Einspritzung des Serums auf Eiweiss untersucht worden.

Wenn nun auch die Kontrollfälle zeigen, dass das Auftreten von Eiweiss im Urin bei der heurigen Epidemie entschieden an der Tagesordnung ist, so habe ich doch mehrere Fälle beobachtet, welche den Gedanken nahe legen, dass eine ganz plötzliche, schnell vorübergehende Albuminurie als Folge der Seruminjektion eintreten kann. In diesen Fällen erschien nach 24 Stunden meist eine sehr erhebliche Menge von Eiweiss im Urin, welches in der Regel nach 48 Stunden spurlos verschwunden war. Bei mehreren Kindern, welche mehrfach eingespritzt wurden, beobachtete ich allerdings, dass Eiweiss nach dem ersten Spritzen auftrat, während nach der zweiten Injektion der Urin eiweissfrei blieb. Diese Beobachtungen fordern immerhin zu grosser Vorsicht bei der Beurteilung, ob die Albuminurie Folge der Seruminjektion ist, oder nicht, auf. Ich glaube also, dass man an eine ernstere Komplikation seitens der Nieren, als Folge der Heilserumverwendung nicht zu glauben braucht.

Im Widerspruch mit einer Zahl von Autoren, speziell mit BEHRING selbst, befinde ich mich dagegen hinsichtlich des Einflusses des Serums auf die Temperatur. Eine Zahl von Autoren will stets nach der Seruminjektion einen sehr prompten Abfall der Temperatur bemerkt

haben, begleitet von sofort eintretendem subjektiven Wohlbefinden; dieser prompte Abfall bleibt nach Ansicht einzelner Autoren nur dann aus, wenn die verwendete Dosis von Heilserum eine zu geringe ist. Ich muss gestehen, dass ich besonders bei den zuerst behandelten Fällen von Diphtherie, wo ich nach der Injektion von Serum oft eine sehr erhebliche Steigerung der Temperatur beobachten konnte, in der Annahme, dass dieselbe möglicherweise Ausdruck einer Schädigung des Organismus sein könnte, mich bewegen liess, die antitoxische Behandlung abzubrechen, so dass auf diese Art möglicherweise zu geringe Dosen zur Verwendung gekommen sind. Später, als ich mich davon überzeugt hatte, dass ernstere Gefahren durch die Serumeinspritzung nicht hervorgerufen werden, habe ich jedoch sicherlich diesen Fehler vermieden, ohne dass ich mich von der temperaturerniedrigenden Wirkung des Mittels habe überzeugen können. Ich lasse Ihnen eine Reihe von Kurven herumgehen, welche halbstündige Messungen der Temperatur enthalten und von Fällen stammen, denen sicherlich ausreichend Serum eingespritzt wurde. Fast alle zeigen, dass meist zunächst eine sehr erhebliche Steigerung der Körperwärme eintritt, welche erst allmählich, aber nicht stets zur Norm abfällt, sondern sich oft auf sehr steiler Höhe hält. Mehrere Kinder sind mehrfach gespritzt und jedesmal kann man dann auf den Kurven den der Injektion folgenden Anstieg bemerken. Eine weitere Folge dieser Verschiedenheit in der Beeinflussung des Krankheitsverlaufs, wie er sich aus diesen Beobachtungen im Vergleich zu denen verschiedener anderer Autoren ergiebt, ist die bei unseren Fällen kaum ausgesprochene plötzliche Besserung des Allgemeinbefindens. Meist, wie es bei den hohen Temperaturen auch nicht Wunder nehmen kann, machen die Kinder nach dem Spritzen einen ausserordentlich matten Eindruck; sie essen wenig und schlafen viel, während nur tracheotomierte kurz nach der Operation meist ausserordentlich frisch erschienen und am Spiel der anderen Kinder teilnahmen. Diesen ausserordentlich eklatanten Eindruck der Besserung, wie ihn wenigstens für Tage bei nicht hochseptischen oder mit Lungenentzündung komplizierten Fällen die Tracheotomie stets hervorruft, habe ich nach Injektion von Heilserum nie beobachtet.

Ich glaube, dass gerade dieser Punkt der Beeinflussung der

Temperatur später einen wesentlichen Massstab für die Beurteilung der Heilwirkung des Serums abgeben kann. Es ist wohl nicht zu bezweifeln, dass sowohl die Angaben derer, welche nach der Injektion Abfall der Temperatur beobachteten, als auch die unsrigen, die meist eine Steigerung anzeigen, richtig sind.

Die nächstliegende Erklärung für die Unterschiede, glaube ich, ist in der Art der Infektion zu suchen; wir haben hier fast ausschliesslich sogenannte sekundär infizierte Diphtheriefälle in Beobachtung gehabt, die übrigens in diesem Jahre fast niemals, nur mit Ausnahme von 4 Fällen, den Eindruck einer septischen Diphtherie machten, wie er besonders stark in der Zeit vom 1. April 1893 bis 1. April 1894 bei zahlreichen Fällen ausgesprochen war.

Die fast stets bei unseren Kranken nach dem Spritzen auftretende Temperatursteigerung legt ganz entschieden den Eindruck nahe, dass Fälle, die, wie die unseren, mit Staphylokokken, Streptokokken oder Diplokokken, oder mit Gemischen dieser Keime kompliziert sind, ein für die Serumbehandlung ausserordentlich ungünstiges Objekt darstellen. Vielleicht ist es die nicht genügende Berücksichtigung dieses Punktes, der die so verschiedenen Erfolge der Autoren zu erklären geeignet ist; unsere Fälle beweisen, dass ein Diphtheriefall durchaus nicht den eines septischen in klinischem Sinne zu machen braucht, und trotzdem von zahllosen anderen Keimen als Diphtheriebacillen kompliziert sein kann.

Umgekehrt hat GENERSICH aus der HEUBNER'schen Klinik bewiesen, dass Diphtheriefälle durchaus den Eindruck einer „septischen Diphtherie" erwecken können, selbst wenn sich bei ihnen die Diphtheriebacillen in Reinkultur vorfinden.

Ich möchte empfehlen gerade für die Zukunft auf die Berücksichtigung dieses Punktes genaueres Augenmerk zu richten, als es bisher geschah. Eine Zahl derjenigen, die bisher über das Heilserum sprachen, verfügen entweder über gar nicht bakteriologisch untersuchte Fälle, oder sie beschränkten sich auf den Nachweis der Diphtheriebacillen, wie es in Amerika üblich ist, auf sogenannten Elektivnährböden, zu denen speziell auch das Blutserum gerechnet werden muss. Auf diesen Nährböden findet der LÖFFLER'sche Keim

bessere Lebensbedingungen, als die sekundären Infektionserreger — ich gebrauche den Ausdruck „sekundär“ lediglich zur Bezeichnung der neben den Diphtheriebacillen vorkommenden Keime — und hat somit unter Umständen Gelegenheit diese zu überwuchern.

Deshalb halte ich die Verwendung des Glycerinagars auf PETRI'schen Schalen für besser und zweckentsprechender, da hier alle Keime die gleichen Chancen der Entwickelung haben, besonders wenn man für sorgfältiges Ausstreichen des Materials sorgt und so wirklich isolierte Kolonieen erhält. Lässt die Kultur auf Glycerinagar in Bezug auf Diphtheriebacillen im Stich, so empfiehlt es sich ein Blutserumröhrchen zu impfen, eine Prozedur, die so einfach ist, dass sie auch jedesmal gleich neben der Anlegung der Glycerinagar-Platte vorgenommen werden kann.

Die Thatsache jedoch, dass wir in nur wenigen Fällen mit unserer Plattenmethode Diphtheriebacillen nicht fanden, und zwar in Fällen, wo auch im Deckglasausstrichpräparat beweisende Formen nicht gefunden werden konnten, zeigt, dass unsere Methode immerhin von grosser Zuverlässigkeit ist.

Ein weiterer Punkt, der der Aufklärung bedarf, ist der, ob das Serum mit Sicherheit imstande ist, den lokalen Krankheitsprozess, speziell ein Fortschreiten auf den Kehlkopf zu hemmen. Ich will hier nicht die Namen derer anführen, die sich für oder gegen die Hemmung aussprechen; es finden sich in beiden Lagern so einwandsfreie Beobachter, dass man die Frage als eine z. Z. noch völlig offene betrachten muss. In Berücksichtigung unserer Fälle glaube ich einen deutlichen Einfluss auf die lokalen Erscheinungen, speziell das Weiterschreiten auf den Kehlkopf nicht zugeben zu können. Mehrfach konnten wir sogar, trotz Serumbehandlung, einmal noch nach 18 Tagen neue Membranbildung in Kehlkopf und Luftröhre, also ein zweifelloses Recidiv, beobachten.

Gerade beim Schreiben dieser Zeilen kommt ein Fall in Behandlung, der jeden unbefangenen Beobachter stutzig machen kann. Ein masernkrankes Kind wird am dritten Erkrankungstage „damit nicht noch Diphtherie dazukommt“ mit 600 A. E. (BEHRING) geimpft. Trotzdem hat es 3 Tage später einen ausgedehnten Belag im Rachen, der gegen Abend noch zunimmt und am folgenden Tage zu geringer

Atemnot führt, sodass es der Vorsicht halber zur ev. Tracheotomie der chirurgischen Klinik zugeht. Es erhält hier zunächst, da jetzt Zeichen einer eben begonnenen Diphtherie bestehen, noch eine Injektion von 1800 A. E. (BEHRING), wodurch die Temperatur, welche bei der Aufnahme 39,4 betrug, auf 40,3 steigt. Gleichzeitig mit der Steigerung der Temperatur trat eine so erhebliche Verschlechterung des Allgemeinbefindens ein, dass ohne pneumonische Erscheinungen unter den Zeichen einer Intoxikation nach wenigen Tagen der Tod erfolgte.

Es scheint mir aus diesen Beobachtungen hervorzugehen, dass bei weiter vorgeschrittenen Diphtheriefällen eine Beeinflussung des lokalen Prozesses nicht mehr eintritt. Dass bei beginnenden, weniger ausgedehnten Belägen ein Stillstand, ja eine Rückbildung oder Abstossung erfolgen kann, erscheint trotz gegenteiliger Beobachtungen möglich.

Es kann nicht genügend darauf hingewiesen werden, dass die Stärke der Serumtherapie lediglich in der Behandlung beginnender Diphtherie liegt. Denn selbst dem Erfinder derselben, BEHRING, gelang die Rettung eines Meerschweinchens nur dann, wenn spätestens 24 Stunden nach der Injektion des Giftes die Einspritzung des Heilserums erfolgte. Das Tierexperiment bietet aber weitaus günstigere Chancen für einen therapeutischen Eingriff, als der erkrankte Mensch. Einmal ist der Mensch, vor allem das Kind, ein bedeutend empfänglicheres Objekt als das Tier für Diphtherie und dann ist der Charakter der Infektion beim Menschen ein wesentlich ungünstigerer, als beim Tierversuch.

Diese Anschauungen vertreten auch GRUBER und KASSOWITZ. BEHRING selbst betont stets die Notwendigkeit des Einsetzens der Behandlung möglichst in den ersten Erkrankungsstunden. Ich würde diesen Punkt nicht so ausdrücklich betonen, da ich ihn für zu selbstverständlich halte, wenn er nicht allzu oft bei den Diphtheriedebatten vergessen würde — ich spreche selbst den Münchener Internisten-Kongress von diesem Fehler nicht frei — und zu falscher Beurteilung derer führte, welche vor allzuweitgehenden Hoffnungen in betreff des Heilserums warnen.

Es liegt ein prinzipieller Unterschied darin, ob wir das heilkräftige Serum auf gesunde oder wenigstens annähernd gesunde

Zellen, oder auf kranke Zellen wirken lassen, d. h. zwischen Immunisierung und Heilung ist ein prinzipieller Unterschied. Eine Heilung wird nur dann möglich sein, wenn erst ein kleines Territorium von Körperzellen erkrankt ist und es sich lediglich darum handelt den grösseren Rest der Zellen gegen das einwandernde Gift zu festigen. Von der Wirkungsweise des Serums auf bereits erkrankte Zellen aber wissen wir so gut wie nichts und dieser Punkt bedeutet die Schwäche der Serumtherapie.

Die Serumtherapie könnte den Anspruch auf eine curative Therapie nur dann erheben, wenn die einverleibten antitoxischen Körper einfach das Toxin gewissermassen neutralisierten; es sprechen jedoch eine grosse Zahl von Bedenken gegen diese Auffassung, und speziell Buchner ist der Ansicht, dass es sich bei dem Zustandekommen der Heilung nicht um einfache ausserhalb der Zellen erfolgende chemische Prozesse, sondern um Zellwirkung, also um einen Immunisierungsvorgang handeln müsse, eine Anschauung, der ich mich nach meinen eigenen Untersuchungen über die Immunität durchaus anschliessen muss. Bereits erkrankte Zellen sind aber nicht mehr immunisierungsfähig.

Wie steht es nun mit der Immunisierung des Menschen gegen Diphtherie? Es sind da zweierlei Punkte zu bedenken; einmal der, dass gerade die Immunisierungen mit Sicherheit bei Tieren gegen nachfolgende Infektion schützen; dann aber zweitens der Punkt, dass wir auch noch nicht annähernd wissen, wie lange der Immunisierungsschutz dauert, eine für die Präventivimpfung, neben der Entscheidung darüber, ob man durch dieselbe auch nicht schaden kann, sehr wichtige Entscheidung.

Für den Menschen wird auch hier nur der praktizierende Arzt Aufklärung bringen können, und ich habe meinerseits auch ein Schärflein beitragen wollen und habe die Mühe nicht gescheut, bei jedem einzelnen in unsere Behandlung gelangten Diphtheriefalle, sämtliche Geschwister, sobald sie im Hause wohnten und das 12. Lebensjahr nicht überschritten hatten, gegen die Krankheit zu immunisieren. Den Kindern wurden jedesmal 120 Antitoxineinheiten (Höchster Präparat) in die gut desinfizierte linke Unterschlüsselbeingrube aseptisch eingespritzt; irgend eine auch noch so geringe Schädlichkeit hat sich an

der Einstichstelle nicht gezeigt, so dass der Eingriff, der den Kindern nur wenig Unbehagen verursachte, als ein vollständig ungefährlicher bezeichnet werden muss. Etwa in $^1/_3$ sämtlicher so behandelter 125 Fälle, stellte sich als Folge der Impfung jener bereits von einer grossen Zahl von Beobachtern geschilderte Urticariaausschlag ein, der jedoch ohne üble Nachwirkung zu vergehen pflegte. Stets wurde vor und 24 Stunden nach der Impfung der Urin der Kinder auf Eiweiss untersucht, und stets frei befunden. Leider unterblieben sofortige Temperaturmessungen, die wegen des damit verbundenen Zeitaufwandes undurchführbar schienen.

Was nun die Resultate anbetrifft, so habe ich jetzt $^1/_4$ Jahr nach Abschluss der Immunisierungen durch Postkarten mir über den Erfolg derselben Nachricht zu verschaffen versucht. Zahlreiche Eltern stellten mir ihre Kinder selbst vor, und ich habe mich persönlich von ihrem Wohlbefinden überzeugen können.

Von 125 Kindern habe ich nur über 4 einer Familie nichts erfahren, so dass über 121 Nachrichten möglich sind.

Sicher an Diphtherie erkrankten 3 Kinder und zwar 1) nach 4 Wochen ein vierjähriger Junge, der schwere postdiphtherische Lähmungen behielt, 2) nach 14 Tagen ein zwölfjähriges Mädchen, welches heilte; 3) nach $2^1/_2$ Monat ein gleichfalls geheiltes fünfjähriges Kind.

Unsicher ist es, ob 2 nach $1^1/_2$ und $2^1/_2$ Monat erkrankte und gestorbene Kinder diphtheriekrank waren.

Augendiphtherie nach $2^1/_2$ Monat acquirierte ein zwölfjähriges Mädchen und bei 3 Kindern traten im Anschluss an die Einspritzung vorübergehende schmerzhafte Gelenkschwellungen ein.

Es ist ganz selbstverständlich, dass diese kleinen Zahlen keinen klaren Ueberblick über die Wirkung der Immunisierungen geben können. Ich habe deshalb dieser Versuchsreihe eine zweite angeschlossen, derart, dass ich Erkundigungen darüber einzog, ob die gleich alten, unter denselben hygienischen Verhältnissen wie die Immunisierten befindlichen, nicht geimpften 50 Geschwister von Kindern, die bei uns an Diphtherie behandelt wurden, gleichfalls an Diphtherie erkrankt sind; man bekommt so gewissermassen einen vergleichenden Massstab für die Bedeutung der Immunisierung.

Ich erhielt so über 41 Kinder unter 12 Jahren Auskunft, die in

engster Berührung mit den Diphtherieerkrankten standen. Berücksichtigt man, dass aus ökonomischen Verhältnissen die erkrankten Kinder bereits nach etwa 14 Tagen entlassen werden mussten, zu einer Zeit, wo sie sämtlich nach der landläufigen Annahme im Munde noch virulente Diphtheriebacillen beherbergen, so wird ohne weiteres klar, welch enorme Gefahr die Erkranktgewesenen für ihre Geschwister auch nach dem Ueberstehen der Erkrankung bedeuten, da eine Isolierung der Kinder bei den z. T. so notdürftigen Verhältnissen nicht möglich erscheint.

Es zeigt sich da, dass ein vierwöchiges Kind an Brechdurchfall gestorben ist, und dass nur ein $3^1/_2$jähriger Junge möglicherweise an Diphtherie erkrankte und rasch durch Verwendung von Serum heilte. Es sind also sicher nicht mehr nicht immunisierte Geschwister, als immunisierte diphtheriekrank geworden.

Meine Herren! ich bin am Schluss. Was ich Ihnen habe geben wollen, war eine möglichst objektive Darstellung der Erfolge bei der Diphtheriebehandlung.

Leider haben wir gesehen, dass bei vorgeschritteneren Fällen eine Besserung des Krankheitsverlaufes durch die Serumbehandlung kaum zu bemerken war. Unsere Kontrollfälle zeigen, dass wir durch nicht spezifische Behandlung mindestens ebenbürtige Resultate erzielt haben. Dieser Punkt im Verein mit dem, dass wir gegen das Berichtsjahr 1893/94 ein Herabgehen der Mortalität um 20 % sahen, fordert zu ernstem Nachdenken auf. Auch die geheilten, mit Serum behandelten Kinder heilten nicht anstandslos und stellen in sorgsamer Pflege an Arzt und Wartepersonal keine geringeren Forderungen, als die Kontrollfälle.

Als Schlusswort scheint mir deshalb die Mahnung nicht unangebracht, vor allzuüberschwänglichen Hoffnungen zu warnen.

Für Diphtheriefälle in den ersten Stadien der Erkrankung ist die Diphtherieheilung mit Antitoxin vom Erfinder geschaffen, und die gemachten Versprechungen scheinen sich nach den Versicherungen unserer grossen Kliniker zu erfüllen. Für vorgeschrittenere Fälle aber reicht dieser Weg nicht aus; hoffen wir deshalb, dass durch Verallgemeinerung der Serumverwendung in den ersten Krankheitsstunden und Tagen das weitere Fortschreiten der Diphtherie und damit das

Entstehen schwerer Fälle der Erkrankung vermieden werde. Erfüllen sich diese Hoffnungen — und thatsächlich scheint das nach den Angaben der Autoren so —, so dürfen wir erwarten, dass in nicht fernen Zeiten die Diphtherie uns so wenig schrecken wird, als zur Zeit die Pocken.

Zum Schluss spreche ich Herrn Professor VON BRAMANN für die Ueberlassung der Arbeit und die Unterstützung bei derselben meinen ergebensten Dank aus.

BEITRÄGE

ZUR

THEORIE DER LÖSUNGEN.

VON

DR. RUDOLF SCHENCK,
ASSISTENT AM CHEMISCHEN INSTITUT DER UNIVERSITÄT HALLE.

Einleitung.

Die allgemeine Gasgleichung

$$p.v = R.T$$

hat, wie VAN T'HOFF[1]) gezeigt hat, nicht allein Giltigkeit für Gase, sondern sie gilt auch für Substanzen, die in Lösungsmitteln gelöst sind, wenn

p den osmotischen Druck der Lösung,
v das Volumen der Lösung, in dem ein g-Molekulargewicht gelöst ist,
T die absolute Temperatur
R die Gaskonstante bedeutet.

Indess nur auf verdünnte Lösungen ist die Anwendung der Gleichung zulässig, bei höheren Konzentrationen finden recht erhebliche Abweichungen statt.

Aber auch bei Gasen ist die Giltigkeit der Gleichung beschränkt, sie hört auf, wenn wir die Gase stark komprimieren, wenn wir die Moleküle in einen kleinen Raum zusammendrängen. Bei der grossen Analogie, die zwischen gasförmigem und gelöstem Zustand besteht, ist es nun ausserordentlich wahrscheinlich, dass die Abweichungen von der Gasgleichung bei komprimierten Gasen sowohl wie bei konzentrierten Lösungen durch die gleichen Ursachen bedingt sind.

Nach den Ausführungen von VAN DER WAALS[2]) sind es zwei Umstände, die dafür verantwortlich zu machen sind:

---

[1]) Ztschr. f. phys. Chemie I, 481.

[2]) Die Continuität des gasförmigen flüssigen und Zustandes. Uebersetzt von Dr. F. ROTH.

1. Die Moleküle sind keine mathematischen Punkte, sondern nehmen selbst einen Raum ein; dieses Volumen darf bei komprimierten Gasen nicht vernachlässigt werden gegen das Volumen des Gefässes, den Raum, welcher den Molekülen für ihre Bewegung zur Verfügung steht.

2. Die Moleküle sind nicht ohne Einwirkung auf einander, sie ziehen sich an, und diese Anziehung wird um so grösser, je kleiner der Raum wird, auf den sie zusammen gedrängt werden. Dieser Umstand bedingt eine Abnahme des nach aussen wirkenden Druckes.

Diese beiden Punkte hat VAN DER WAALS bei der Aufstellung seiner Zustandsgleichung berücksichtigt. Die Zustandsgleichung lautet

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = R \cdot T.$$

Es bedeutet

- p den Druck, welchen das Gas ausübt,
- v das Volumen, welches von einem g-Molekulargewicht eingenommen wird,
- T die absolute Temperatur.
- R die Gaskonstante,
- a die Konstante, welche der Attraktion und
- b die Konstante, welche der Raumerfüllung der Moleküle Rechnung trägt.

Die beiden letzteren sind, falls nicht bei Veränderung der Temperatur Veränderungen im Molekularzustande, Association oder Dissociation von Molekülen, eintreten, als von der Temperatur unabhängig zu betrachten.

Diese Gleichung gilt nun, soweit wir ein Gas komprimieren mögen, sie behält sogar ihre Giltigkeit für die verdichteten Gase, für die Flüssigkeiten.

Wir können aber noch einen Schritt weiter thun, wir kennen eine grosse Anzahl von Körpern, die sich direkt aus dem festen Aggregatzustand vergasen lassen und umgekehrt aus dem gasförmigen Zustand direkt wieder in den festen Zustand überführbar sind. Und zwar erfolgt diese Ueberführung aus dem gasförmigen in den festen Zustand ebenso kontinuierlich, wie bei anderen Körpern die Ueberführung aus dem gasförmigen in den flüssigen Zustand. Es muss also

die Gleichung von van der Waals auch gelten für den festen Aggregatzustand, wieder unter der Voraussetzung, dass eine Bildung von komplexeren Molekülen nicht stattfindet.

In der Zustandsgleichung hat der Ausdruck

$$\frac{a}{v_2} = K$$

seine besondere Bedeutung, er bedeutet den Zug, welchen ein Stück der Oberfläche nach dem Innern des Gases, bezw. der Flüssigkeit, bezw. des festen Körpers erleidet, die molekulare Oberflächenenergie.

Ehe wir zur Aufstellung der Gleichungen für konzentrierte Lösungen schreiten, wird es notwendig sein, erst einige Betrachtungen voraus zu schicken über die Vorgänge der Verdampfung und der Lösung.

Bringen wir eine Flüssigkeit oder einen festen Körper in die Barometerleere, so sinkt die Quecksilbersäule um ein bestimmtes Stück, die Substanz sendet Gasmoleküle aus, und zwar so lange, bis ein bestimmter Druck erreicht ist, der durch die Differenz des Barometerstandes und der Höhe der Quecksilbersäule unter der Substanz ermittelt werden kann. Diesen Druck nennt man den Dampfdruck eines Körpers, er ist nur abhängig von der Temperatur.

Einer ganz analogen Grösse begegnen wir, wenn wir eine Flüssigkeit oder einen festen Körper mit einem Lösungsmittel überschichten, auch hier entsendet die Substanz so lange Moleküle von ihrer Oberfläche, bis ein bestimmter osmotischer Druck in dem Lösungsmittel herrscht, bis das Lösungsmittel mit der betr. Substanz gesättigt ist; diesen Druck bezeichnet Nernst als Lösungstension, auch diese Grösse ist nur von der Temperatur abhängig.

Wenn wir nun den Dampfdruck einer Substanz seiner Grösse nach mit ihren Lösungstensionen in verschiedenen Lösungsmitteln vergleichen, so drängt sich uns die Frage auf, warum ist denn die Lösungstension so sehr viel grösser als der Dampfdruck? Um diese Frage zu beantworten, wollen wir ein Oberflächenstück der aufzulösenden Substanz betrachten, begrenzt vom freien Raum, so üben

die im Innern gelegenen Moleküle einen Zug aus auf die an der Oberfläche gelegenen, und es vermögen nur Moleküle dieser Bannsphäre zu entrinnen, die zufällig mit einer sehr grossen Wärmebewegung begabt sind. Je grösser die Attraktion ist, um so weniger Moleküle werden verdampfen können. Betrachten wir nun dasselbe Oberflächenstück, begrenzt von einem Lösungsmittel, so haben wir ausser dem Zug nach Innen auch die Attraktion des Lösungsmittels in Betracht zu ziehen, die im entgegengesetzten Sinne wirkt und die Oberflächenenergie des zu lösenden Körpers zum Teil oder vollständig kompensiert. Es kommt nur die Differenz der Oberflächenenergie des zu lösenden Körpers und der Anziehung des Lösungsmittels zur Geltung. Es wird also die Lösungstension eines Körpers um so grösser sein, je weniger die Anziehung der Moleküle unter einander von der Anziehung des Lösungsmittels auf die Moleküle des zu lösenden Körpers verschieden ist. Den leeren Raum können wir nun betrachten als ein Lösungsmittel, dessen Anziehung auf die Moleküle des gelösten Körpers gleich Null ist. Es müssen also auch die Lösungstensionen grösser sein als der Dampfdruck.

I. Die Zustandsgleichung für konzentrierte Lösungen.

Bei der Aufstellung der Zustandsgleichung für eine Substanz, die in einer anderen gelöst ist, haben wir ausser der Attraktion der gelösten Moleküle untereinander und dem Raum, den sie ausfüllen auch noch die Einflüsse des Lösungsmittels in Rechnung zu ziehen. Das sind die Attraktion der Moleküle des Lösungsmittels auf die gelösten Moleküle und der Raum, den die Moleküle des Lösungsmittels ausfüllen. Der letztere muss vom Volumen der Lösung abgezogen werden, um den Raum zu bekommen, der den Molekülen für die freie Bewegung zur Verfügung steht.

Die Anziehung der Moleküle des Lösungsmittels auf die Moleküle des gelösten Körpers hängt ab von dem Verhältnis der Anzahl der beiden Molekülsorten, und ist proportional sowohl der Anzahl der einen als der der anderen Sorte (cf. A. A. NOYES, Z. f. phys. Chem. 5. 54).

Bezeichnen wir mit

p den osmotischen Druck,

v das Volumen der Lösung in Litern, worin ein g-Molekulargewicht Substanz gelöst ist,

v' das Volumen der Lösung in Litern, welches ein g-Molekulargewicht des Lösungsmittels enthält,

a die Konstante der Attraktion zwischen den Molekülen der Substanz,

a' die Konstante der Attraktion zwischen den Molekülen der Substanz und des Lösungsmittels,

b das Volumen der Moleküle in einem g-Molekulargewicht Substanz.

b' das Volumen der Moleküle in einem g-Molekulargewicht Lösungsmittel,

T die absolute Temperatur,

R die Gaskonstante,

so kommen auf ein g-Molekül gelöster Substanz $\frac{v}{v'}$ g-Moleküle der Lösungsmittel und wir können die Zustandsgleichung schreiben.

$$\left[p + \frac{a}{v^2} - \frac{a'}{v' . v}\right]\left[v - b - \frac{v}{v'} . b'\right] = R . T.$$

Die Grössen p, v, v' und T sind der Messung zugänglich, R eine konstante Grösse. Es ist aber von Interesse, auch die übrigen Grössen, die übrigens von der Temperatur unabhängig sind, vor allen Dingen a, kennen zu lernen. Wir haben in unserer Gleichung vier unbekannte Grössen und um diese zu ermitteln, brauchen wir vier Bedingungsgleichungen.

Diese Gleichungen erhält am einfachsten durch Bestimmung des osmotischen Druckes (etwa durch Vergleichung des Dampfdruckes der Lösung mit dem des reinen Lösungsmittels) bei vier verschieden konzentrierten Lösungen, von denen sowohl die molekulare Konzentration der gelösten Substanz als auch die des Lösungsmittels bekannt ist und zwar bei konstanter Temperatur. Die Gleichungen sind

$$\left[p_1 + \frac{a}{v_1^2} - \frac{a'}{v_1 . v_1'}\right]\left[v_1 - b - \frac{v_1}{v_1'} b'\right] = R . T_0$$

$$\left[p_2 + \frac{a}{v_2^2} - \frac{a'}{v_2 . v_2'}\right]\left[v_2 - b - \frac{v_2}{v_2'} b'\right] = R . T_0$$

$$\left[p_3 + \frac{a}{v_3^2} - \frac{a'}{v_3 . v_3'}\right]\left[v_3 - b - \frac{v_3}{v_3'} b'\right] = R . T_0$$

$$\left[p_4 + \frac{a}{v_4^2} - \frac{a'}{v_4 . v_4'}\right]\left[v_4 - b - \frac{v_4}{v_4'} b'\right] = R . T_0 .$$

Wir betrachten zunächst die Gleichung für konstante Temperatur und untersuchen die Abhängigkeit des Volumens vom osmotischen Drucke. v' bleibt bei konstanter Temperatur konstant. Die Gleichung lautet

$$\left(p + \frac{a}{v^2} - \frac{a'}{v . v'}\right)\left(v - b - \frac{v}{v'} . b'\right) = R . T.$$

Sie wird für die Temperatur 0°,

$$\left(p + \frac{a}{v^2} - \frac{a'}{v . v'}\right)\left(v - b - \frac{v}{v'} . b'\right) = 1.$$

Diese Gleichung soll nun diskutiert werden. Machen wir v recht gross, d. h. verdünnen wir die Lösung stark, so können wir $\frac{a}{v^2}$ sowie $\frac{a'}{v . v'}$ gegen p, b gegen v und $\frac{v}{v'} . b'$ vernachlässigen, die Gleichung geht dann über in

$$p . v . \left(1 - \frac{b'}{v'}\right) = 1$$

$$p . v = \frac{v'}{v' - b'} .$$

Der Ausdruck auf der rechten Seite ist für konstante Temperatur eine konstante Grösse und die Gleichung der Ausdruck für das Boyle-Mariotte'sche Gesetz für Lösungen.

Die allgemeine Gasgleichung für verdünnte Lösungen mit Rücksicht auf den Einfluss des Lösungsmittels wird also lauten:

$$p . v = \frac{v'}{v' - b'} . R . T.$$

Diese Gleichung wird im Stande sein, eine Reihe von Abweichungen zu erklären, die sich bei Molekulargewichtsbestimmungen durch Depression des Gefrierpunktes ergeben haben.[1])

Aus den Konstanten a und b lassen sich auch sämtliche kritische Daten des gelösten Körpers ableiten.

Wir lösen die Zustandsgleichung nach v auf

[1]) cf. A. A. NOYES, Ztschr. f. phys. Chem. 5, 53.

$$v^3 - v^2 \cdot \left[b \cdot \frac{v'}{v' - b'} - \frac{a'}{p \cdot v'} + \frac{R \cdot T}{p}\right] + \frac{v}{p}\left[a + \frac{a' \cdot b}{p \cdot (v' - b')}\right]$$
$$- a \cdot b \cdot \frac{v'}{v' - b'} = 0.$$

Die Gleichung ist vom dritten Grade für v. Sind x_1, x_2 und x_3 die Wurzeln derselben, so besteht die Beziehung

$$(v - x_1)\,(v - x_2)\,(v - x_3) = 0.$$

Von diesen Wurzeln können nun entweder drei reel sein, oder eine reel und zwei complex, die letzteren haben natürlich keine Bedeutung. Es gehören also zu jedem Werte von p entweder ein oder drei Werte von v.

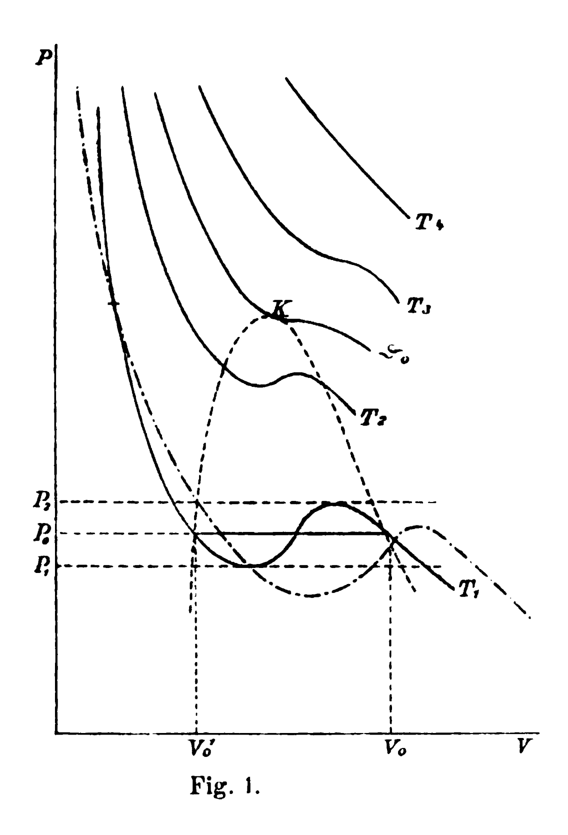


Fig. 1.

Stellen wir uns die Abhängigkeit von p und v graphisch dar, so erhalten wir Kurven dritter Ordnung, die den Isothermen für Gase ähnlich sind (cf. Fig. 1).

Der kritische Punkt ist nun derjenige, bei welchem drei reele Wurzeln einander gleich werden. Es ist dann

$$x_1 = x_2 = x_3.$$

Dieses kritische Volumen bezeichnen wir mit φ_0, den kritischen Druck mit π_0, die kritische Temperatur mit ϑ_0, dann gilt die Gleichung

$$(v - \varphi_0)^3 = v^3 - v^2 \left[b \cdot \frac{v'}{v' - b'} + \frac{1}{\pi_0} \left(\frac{a'}{v'} + \frac{v'}{v' - v'} \cdot R\vartheta_0 \right) \right] + \frac{v}{\pi_0} \left(a + a' \cdot \frac{b}{v' - b'} \right) - a \cdot b \cdot \frac{v'}{v' - b'}.$$

Entwickeln wir die linke Seite, so müssen die Koeffizienten der verschiedenen Potenzen von v links und rechts gleich sein, also

$$\varphi_0^3 = \frac{v'}{v' - b'} \cdot \frac{a \cdot b}{\pi_0}$$

$$3\,\varphi_0^2 = \frac{1}{\pi_0} \cdot \left(a + a' \frac{b}{v' - b'} \right)$$

$$3\,\varphi_0 = b \cdot \frac{v'}{v' - b'} + \frac{1}{\pi_0} \left\{ \frac{a'}{v'} + \frac{v'}{v' - b'} \cdot \frac{R\vartheta_0}{v} \right\}.$$

Hieraus ergeben sich die drei kritischen Grössen

$$\varphi_0 = 3 \cdot b \cdot \frac{a \cdot v'}{a(v' - b') + a' \cdot b}$$

$$\pi_0 = \frac{1}{27} \cdot \frac{[a(v' - b') - a' \cdot b]^3}{a^2 \cdot b^2 \cdot v'^2}$$

$$\vartheta_0 = \frac{1}{R \cdot v'^2} \left[\frac{\{a(v' - b') + a' \cdot b\}^2 \{8a(v' - b') - a' \cdot b\}}{27\, a^2 \cdot b} - a'(v' - b') \right].$$

Die Abhängigkeit der Grösse v′ von der Temperatur bedarf natürlich einer besonderen Untersuchung.

Auch für das Lösungsmittel lässt sich in ganz analoger Weise eine Zustandsgleichung aufstellen.

Es sei p′ der Druck, den das Lösungsmittel ausübt,
A die Konstante der gegenseitigen Attraktion der Moleküle des Lösungsmittels.

Auf ein g-Molekulargewicht gelöste Substanz sind in der Lösung $\frac{v'}{v}$ g-Molekulargewichte Lösungsmittel vorhanden, der Druck wird also

$$\frac{v}{v'} \cdot p',$$

die Oberflächenenergie ist proportional dem Quadrate der Dichte, also

$$\frac{A}{v^2} \cdot \frac{v^2}{v'^2} = \frac{A}{v'^2}$$

die Gleichung wird

$$\left(p' + \frac{A}{v'^2} + \frac{a'}{v' . v}\right)\left(v - b - \frac{v}{v'} \cdot b'\right) = \frac{v}{v'} R . T.$$

Die gesamte Expansionsenergie des Lösungsmittels ist nun aber nichts anderes als die Dampfspannung der Lösung (vorausgesetzt, dass der gelöste Körper keine eigene Dampfspannung besitzt) vermehrt um den Betrag der Anziehung, die das Lösungsmittel von seiten der Lösung erfährt.

Bezeichnen wir den Dampfdruck der Lösung mit d, so geht die Gleichung über in

$$\left(d + \frac{A}{v^2} + \frac{a'}{v . v'}\right)\left(v - b - \frac{v}{v'} \cdot b'\right) = \frac{v}{v'} R . T.$$

II. Gesättigte Lösungen.

Wir haben bisher immer nur die Zustandsgleichung einer Komponente der Lösung betrachtet, jetzt wollen wir die Gleichung für das ganze System aufstellen. Die Expansionsenergie des Systems ist gleich der Summe der Expansionsenergieen der Komponenten. Für den gelösten Körper war diese Grösse

$$P = p + \frac{a}{v^2} - \frac{a'}{v . v'}$$

für das Lösungsmittel

$$P' = d + \frac{A}{v'^2} + \frac{a'}{v . v'}.$$

Das Volumen ist

$$V = v - b - \frac{v}{v'} \cdot b'.$$

Im ganzen System sind $\left(1 + \frac{v}{v'}\right)$ g-Molekulargewichte enthalten, die Gleichung wird also

$$1.\quad \left\{p + d + \frac{a}{v^2} + \frac{A}{v'^2}\right\}\left\{v - b - \frac{v}{v'}\cdot b'\right\} = \left(1 + \frac{v}{v'}\right) R\,.\,T.$$

Ein besonderes Interesse bietet nun dar der Fall der gesättigten Lösung, der Fall des Gleichgewichts der Kräfte zwischen einer Lösung und einem ungelösten Körper.

Es sei P'' der Druck, den ein g-Molekulargewicht des aufzulösenden Körpers ausübt,

φ das Volumen, welches ein g-Molekulargewicht einnimmt,

dann gilt die VAN DER WAALS'sche Gleichung

$$P''.(\varphi - b) = R\,.\,T.$$

Die Grösse P'' ist nun nichts anderes als der Dampfdruck des aufzulösenden Körpers, vermehrt um die Oberflächenenergie desselben. Bezeichnen wir den Dampfdruck mit D, so wird

$$P'' = \frac{a}{\varphi^2} + D.$$

Beziehen wir den Druck auf das Volumen v, so bekommen wir die Zustandsgleichung des aufzulösenden Körpers

$$2.\quad \left\{D + \frac{a}{\varphi^2}\right\}\left\{v - \frac{v}{\varphi}\cdot b\right\} = \frac{v}{\varphi}\cdot R\cdot T.$$

Jetzt bringen wir gesättigte Lösung und ungelöste Substanz mit einander in Berührung und sehen zu, welche Drucke auf die Grenzfläche zwischen den beiden Medien wirken. Wir betrachten ein Stück derselben von der Grösse der Flächeneinheit.

Von der einen Seite der Lösung wirkt

$$p + d + \frac{a}{v^2} + \frac{A}{v'^2}$$

von der anderen

$$D + \frac{a}{\varphi^2}.$$

Für die gesättigte Lösung sollen beide Drucke sich das Gleichgewicht halten, es gilt also die Gleichung

$$3.\quad p + d + \frac{a}{v^2} + \frac{A}{v'^2} = D + \frac{a}{\varphi^2}.$$

Durch Division der Gleichungen 1 und 2 ergiebt sich weiter

4. $$\left(v - \frac{v}{\varphi} \cdot b\right)\left(1 + \frac{v}{v'}\right) = \left(v - b - \frac{v}{v'} \cdot b'\right) \frac{v}{\varphi}.$$

Wir führen jetzt die Anzahl der g-Molekulargewichte ein, die im gleichen Raum enthalten sind wie ein g-Molekulargewicht gelöste Substanz. Zu dem Zwecke setzen wir

$$\frac{v}{v'} = n, \quad \frac{v}{\varphi} = N$$

$$v' = \frac{v}{n}, \quad \varphi = \frac{v}{N},$$

dann erhalten wir die folgenden Gleichungen

1. $$\left\{p + d + \frac{a}{v^2} + n^2 \frac{A}{v^2}\right\}\left\{v - b - n \cdot b'\right\} = (n + 1) . R . T.$$

2. $$\left\{D + N^2 \frac{a}{v^2}\right\}\left\{v - N \cdot b\right\} = N . R . T.$$

3. $$p + d + \frac{a}{v^2} + n^2 \frac{A}{v^2} = D + N^2 \frac{a}{v^2}.$$

4. $$(v - N \cdot b)\ (1 + n) = (v - b - n . b') . N.$$

Aus 4. folgt

$$v = \frac{n \cdot N \cdot (b' - b)}{N - (n + 1)}.$$

In Gleichung 3. multiplizieren wir beide Seiten mit v^2 und ersetzen v durch den gefundenen Wert

$$\{p + d - D\} \frac{n^2 . N^2 (b - b')^2}{[N - (n + 1)]^2} = N^2 . a - n^2 . A - a.$$

A) $$p + d = D + \frac{[N - (n + 1)]^2}{n^2 . N^2} \cdot \frac{N^2 . a - a - n^2 . A}{(b' - b)^2}.$$

Auch aus 2. eliminieren wir v.

$$\left\{D \cdot \frac{n^2 . N^2 (b' - b)^2}{[N - (n + 1)]^2} - N . a\right\}\left\{\frac{n . N . (b' - b)}{N - (n + 1)} - N . b\right\} =$$

$$= \frac{n^2 . N^3 (b' - b)^2}{[N - (n + 1)]^2} \cdot R \cdot T.$$

B) $$T = \frac{n . b' - (N - 1) . b}{R} \left\{\frac{D}{N - (n + 1)} - \frac{a}{n^2 . N (b' - b)^2}\right\}.$$

Sehr häufig kann man D, den Dampfdruck der zu lösenden Substanz vernachlässigen, dann nehmen die Gleichungen die einfachere Gestalt an

$$p + d = \frac{[N - (n + 1)]^2}{n^2 . N^2} \cdot \frac{N^2 . a - a - n^2 . A}{(b' - b)^2}$$

$$T = \frac{(N - 1) b - n . b'}{R} \cdot \frac{a}{n^2 . N (b' - b)^2}.$$

Es ist bei dieser Ableitung die Annahme gemacht, dass sich das Lösungsmittel selbst in dem anderen Medium nicht auflöst. In ganz ähnlicher Weise lassen sich auch für den Fall der Auflösung die Gleichungen aufstellen, indess will ich mir das für eine spätere ausführlichere Darstellung aufsparen.

Die Grössen n und N, diejenigen Zahlen, welche angeben, wie viel g-Moleküle Lösungsmittel bezw. ungelöste Substanz in dem Volumen vorhanden sind, welches ein g-Molekül gelöste Substanz enthält, wollen wir als veränderlich betrachten. Dann bezeichnet $\frac{1}{n}$ diejenige Zahl, welche angiebt, wie viel g-Molekulargewichte gelöste Substanz auf ein g-Molekulargewicht Lösungsmittel in der gesättigten Lösung vorhanden sind, mit anderen Worten die L ö s l i c h k e i t. Der Wert p ist die L ö s u n g s t e n s i o n.

Da die Werte von v' und φ sich mit der Temperatur nicht erheblich ändern, so können wir das Verhältnis von n und N als konstant ansehen und schreiben

$$N = c . n.$$

Die Grösse c ist durch das Experiment zu bestimmen.

Die Gleichungen A und B geben uns Beziehungen zwischen Löslichkeit, Lösungstension und Temperatur. Zu jedem Werte von n gehört ein Wert von p und ein Wert von T. Daneben treten in den Gleichungen noch einige andere Grössen auf, die Dampfdrucke, die Attraktions- und Volumenkonstanten des Lösungsmittels und der gelösten Substanz. Kennen wir diese Konstanten, so können wir a priori für jede Temperatur die Löslichkeit und die Summe von Lösungstension und Dampfdruck der Lösung angeben.

Wählen wir n, (p + d) und T als Axen eines Koordinatensystems, so lässt sich die Beziehung zwischen den drei Grössen durch eine

Raumkurve darstellen. Betrachten wir die D, a, b und A, b' als veränderliche Parameter, so können wir uns die Kurven für jedes beliebige Lösungsmittel und jede beliebige zu lösende Substanz konstruieren.

III. Der Schmelzpunkt.

Ein spezieller Lösungsvorgang ist das Schmelzen; wir können es betrachten als eine Auflösung der festen Phase in der flüssigen.

Wenn A die Konstante der Attraktion im festen Zustande bezeichnet,
V das Volumen eines g-Molekulargewichtes Substanz,
B die Konstante, welche der Raumerfüllung der Moleküle Rechnung trägt,
D den Dampfdruck im festen Zustande,

so ist die Zustandsgleichung

$$\left\{D + \frac{A}{V^2}\right\}\left\{V - B\right\} = R.T,$$

denn die gesamte Expansionsenergie des festen Körpers ist gleich dem Dampfdruck vermehrt um den Betrag der Anziehung, welche die Moleküle zusammen hält.

Bezeichnen a, v, b, d die entsprechenden Grössen für die flüssige Phase, so gilt die Gleichung

$$\left\{d + \frac{a}{v^2}\right\}\left\{v - b\right\} = R.T,$$

oder wenn wir auf das Volumen V beziehen

$$\left\{d + \frac{a}{v^2}\right\}\left\{V - \frac{V}{v} \cdot b\right\} = \frac{V}{v} \cdot R.T.$$

Wir setzen

$$\frac{V}{v} = n, \quad v = \frac{V}{n}$$

und erhalten die beiden Gleichungen

$$1. \quad \left\{D + \frac{A}{V^2}\right\}\left\{V - B\right\} = R.T.$$

$$2. \quad \left\{d + n^2 \cdot \frac{a}{V^2}\right\}\left\{V - n.b\right\} = n.R.T.$$

Für den Schmelzpunkt gelten nun noch folgende beiden Bedingungen.
1. Feste und flüssige Phase befinden sich im Gleichgewicht; es ist also

$$D + \frac{A}{V^2} = d + n^2 \frac{a}{V^2}.$$

2. Die Dampfdrucke beider Phasen sind gleich, also

$$D = d,$$

daraus ergiebt sich auch Gleichheit der Attraktionen

$$\frac{A}{V^2} = n^2 \frac{a}{V^2}$$

$$n = \sqrt{\frac{A}{a}}.$$

Durch Division von 1. und 2. folgt

$$n\,(V - B) = (V - n\,.\,b)$$

$$V = \frac{n}{n-1}\,(B - b).$$

Setzen wir die Werte für V und n in Gleichung 1 ein, so erhalten wir

$$d = \frac{(n-1)\,.\,R\,.\,T}{n\,(B-b) - (n-1)\,b} - A \cdot \frac{(n-1)^2}{n^2\,(B-b)^2}$$

$$= \frac{\{\sqrt{A} - \sqrt{a}\}\;R\,.\,T}{\sqrt{A}\,.\,(B-b) - (\sqrt{A} - \sqrt{a})\,b} - \frac{\{\sqrt{A} - \sqrt{a}\}^2}{\{B - b^2\}}.$$

Wir bekommen also beim Schmelzpunkt eine Beziehung zwischen dem Dampfdruck und den Konstanten für den flüssigen (a und b) und für den festen Zustand (A und B). Messen wir also beim Schmelzpunkt den Dampfdruck und die Molekularvolumina der festen und der flüssigen Phase, so können wir, da zwischen a und A die Beziehung besteht

$$\frac{A}{V^2} = \frac{a}{v^2}$$

$$A = a \cdot \frac{V^2}{v^2}$$

auch die Konstanten A und B für die feste Phase berechnen.

Haben wir einen beliebigen festen Körper in Berührung mit einer Flüssigkeit, so ist der Fall denkbar, dass bei irgend einer Temperatur bei Gleichgewicht zwischen den kinetischen Energieen auch Gleichheit

der Oberflächenenergieen von festem Körper und gesättigter Lösung eintritt, dann haben wir einen Punkt, der in allen Stücken dem Schmelzpunkt entspricht. Der Körper schmilzt aber nicht in seiner eigenen flüssigen Phase, sondern in einer anderen Flüssigkeit.

Auf diesen merkwürdigen Punkt machte mich Herr Prof. DORN aufmerksam.

IV. Die Aggregatzustände.

Ich habe in den vorigen Kapiteln Zustandsgleichungen aufgestellt für Körper, die in Berührung stehen mit Lösungsmitteln, ohne darauf Rücksicht zu nehmen, ob die zu lösende Substanz eine Flüssigkeit oder ein fester Körper ist.

Die Lösungen beider verhalten sich gleich; in verdünnter Lösung zeigen ihre Moleküle keinen Unterschied bei den osmotischen Erscheinungen, die gleiche Anzahl von Molekülen drückt den Schmelzpunkt des Lösungsmittels um dieselbe Anzahl von Graden herunter, die gleiche Erhöhung des Siedepunktes findet statt etc.

Ganz ähnlichen Beziehungen begegnen wir, wenn wir eine Flüssigkeit verdampfen und einen festen Körper unterhalb seines Schmelzpunktes sublimieren, die Dämpfe beider folgen, wenn sie genügend verdünnt sind, den gleichen Gesetzen. Zwischen dem Dampf einer Flüssigkeit und dem Dampf eines festen Körpers besteht kein Unterschied.

Da stehen wir vor der Frage, worin besteht nun der wesentliche Unterschied zwischen flüssigem und festem Aggregatzustande? In Bezug auf die Gesetze der Expansionsenergie, der Wärmebewegung, gar keiner, denn sonst könnten ihre Gase in verdünntem Zustande nicht das gleiche Verhalten zeigen.

Aber in anderer Beziehung zeigt sich doch ein Unterschied. Die Gase, die durch Verdampfen einer Flüssigkeit erhalten sind, gehen durch isotherme Kompression kontinuierlich in Flüssigkeit über, ohne dass sich an einer Stelle ein Sprung bemerkbar macht.

Die Gase, die durch Sublimation eines festen Körpers unterhalb des Schmelzpunktes erhalten sind, lassen sich durch Druck ganz stetig in feste Substanz wieder überführen.

Betrachten wir nun die Veränderung des Dampfdrucks der festen Phase und der flüssigen Phase eines Körpers mit der Temperatur, so sehen wir, dass die Kurven für die beiden Zustände einen ganz verschiedenen Verlauf haben, dass sie beim Schmelzpunkt nicht kontinuierlich in einander übergehen, sondern sich unter einem Winkel schneiden.

In Analogie mit dem Verhalten der Flüssigkeiten dürfen wir wohl annehmen, dass die Veränderung der kinetischen Energie des festen Aggregatzustandes dem allgemeinen Gasgesetze folgt, sahen wir doch, dass die Abweichungen bei stark komprimierten Gasen hauptsächlich bedingt waren durch die gegenseitige Anziehung der Moleküle.

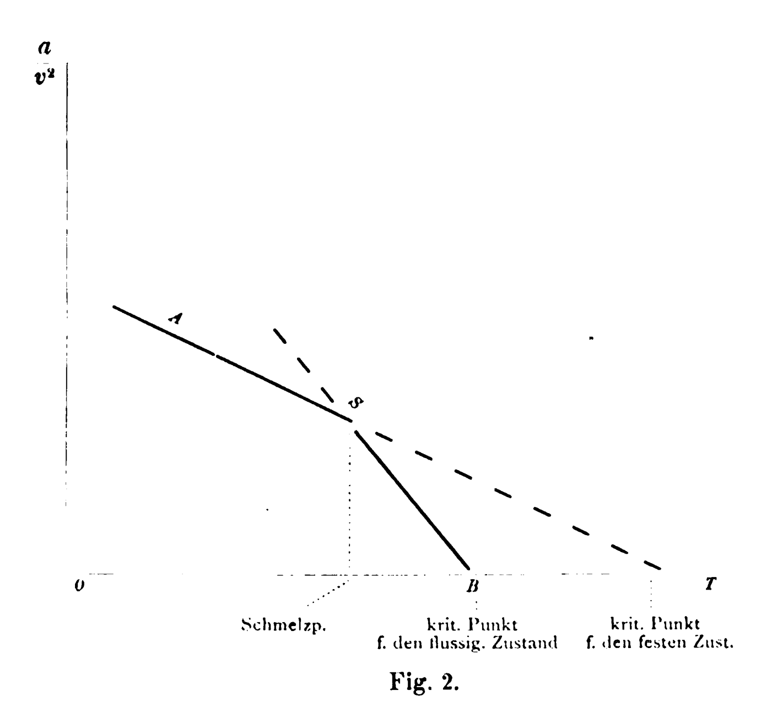


Fig. 2.

Der Dampfdruck giebt uns nun, — von dieser Beziehung haben wir schon verschiedentlich oben Gebrauch gemacht —, die Differenz an zwischen der kinetischen und der Attraktionsenergie eines Körpers; wir können also, da die Veränderung der kinetischen Energie durch die Gasgleichung bestimmbar ist, aus der Veränderung des Dampfdrucks schliessen auf die Aenderung der Attraktionsenergie mit der Temperatur.

Und da sehen wir denn folgendes, die Abnahme der Attraktionsenergie erfolgt unterhalb des Schmelzpunktes langsamer, wie oberhalb desselben. (Fig. 2 stellt die Verhältnisse schematisch dar.)

Bei Flüssigkeiten (über deren Attraktionsenergien wir durch die Arbeiten von Ramsay, Shields und Aston[1]) gut unterrichtet sind), die keine Association zeigen, ist die Grösse der Attraktions- oder Oberflächenenergie eine lineare Funktion der Temperatur, ich habe deshalb die Kurve SB, die die Abnahme mit der Temperatur darstellen soll, als gerade Linie gezeichnet. Analog habe ich auch die Kurve AS, welche die Abnahme der Oberflächenenergie im festen Zustande angeben soll, als Gerade angenommen — ob diese Annahme berechtigt ist, müssen allerdings weitere Experimente lehren —, nach meinen bisherigen Beobachtungen scheint das thatsächlich für einige Körper der Fall zu sein.

Die Gerade für die Flüssigkeit schneidet einmal die T-Achse, d. h. die Oberflächenenergie wird bei einer bestimmten Temperatur Null. Es ist dies die kritische Temperatur, sie lässt sich aus den Konstanten a und b berechnen (cf. pag. 9 und 10).

Verfolgen wir den Verlauf der Geraden AS, die uns die Abnahme der Oberflächenenergie des festen Körpers darstellt, über den Punkt S hinaus, so werden wir auch hier zu einer kritischen Temperatur kommen, welche weit höher liegt als die für die flüssige Phase.

Die kritischen Temperaturen lassen sich berechnen, wenn wir die Konstanten a und b für den festen Körper kennen. Wie diese zu bestimmen sind, das habe ich oben gezeigt (cf. p. 8). Wir brauchen nur einen festen Körper in einem Lösungsmittel zu lösen, die osmotischen Drucke, die Volumina und die Temperatur zu messen, so ergeben sich die Konstanten.

Die berechnete kritische Temperatur wird verschieden sein, je nachdem wir die Lösung unterhalb des Schmelzpunktes der Substanz untersuchen, oder oberhalb. Wir bekommen in dem einen Falle die kritische Temperatur für den festen, in dem andern die kritische Temperatur für den flüssigen Aggregatzustand.

---

[1]) Ztschr. f. phys. Chem. 12, 344, 15, 89, 98, 106.

Die Konstanten a und b sind natürlich für die feste und die flüssige Phase von verschiedener Grösse. Und eben durch diese Konstanten unterscheidet sich das Gas, das von der Oberfläche der festen Phase aufsteigt, von dem Gas, welches der flüssigen Phase entweicht. Wie die Konstanten a und b der festen Phase sich aus denen der flüssigen berechnen lassen, ist oben gezeigt (cf. pag. 16).

Wir haben also eigentlich zwei Gaszustände anzunehmen, von denen der eine zum festen der andere zum flüssigen Aggregatzustand gehört. Es besteht nun Kontinuität zwischen Flüssigkeit und Flüssigkeitsgasen, ebenso zwischen festen Körpern sowie den Gasen, die sich unterhalb des Schmelzpunktes aus ihnen entwickeln lassen. Zwischen Flüssigkeit und festem Körper ist aber keine Kontinuität vorhanden. Beide Zustände unterscheiden sich durch die verschiedene Grösse ihrer Attraktions- und vielleicht auch ihrer Volumkonstanten.

V. Die Molekulargrösse der festen Körper und ihre Bestimmung.

Nun komme ich zu dem eigentlichen Ziel und Zweck meiner Untersuchungen, das ist zu erfahren, wie gross ist das Molekulargewicht im festen Aggregatzustande? Findet da Bildung von komplexeren Molekülen statt, oder bleibt die Molekulargrösse dieselbe wie im Gaszustande?

Hierüber sollen uns die gesättigten Lösungen Aufschluss geben, die in Berührung stehen mit noch ungelöster Substanz. Wir machen die Annahme, zu der wir wohl berechtigt sind, dass die Molekulargrösse gelöster Substanz in einer gesättigten Lösung dieselbe ist, wie in dem noch ungelösten Körper, der damit in Berührung steht, es findet ja ein fortwährender Austausch von Molekülen zwischen der Lösung und dem festen Körper statt.

Durch Bestimmung der osmotischen Drucke verschieden konzentrierter Lösungen bei der gleichen Temperatur ermitteln wir die Konstanten a und b; namentlich auf die erstere kommt es uns an. Wir wollen annehmen, dass sie sich mit der Temperatur nicht ändere.

Haben wir die Konstante berechnet, so untersuchen wir die Konzentrationen einer Anzahl von bei verschiedenen Temperaturen

gesättigter Lösungen bezw. die Molekularvolumina der gelösten Substanz. Wir erhalten auf diese Weise Kenntnis von der Grösse der Attraktion und ihrer Veränderlichkeit mit der Temperatur. Die erhaltenen Werte von $\frac{a}{v^2}$ werden in ein Koordinatensystem, dessen Achsen die Oberflächenenergie und die Temperatur angeben, eingezeichnet. Wir bekommen so eine Kurve, die uns sagt, ob Associationen stattfinden oder nicht.

Bei der Berechnung der Molekulargrösse schliessen wir uns ganz an Ramsay an. Dieser Forscher hat gemeinsam mit Shields[1]) gezeigt, dass für die Abhängigkeit der molekularen Oberflächenenergie von der Temperatur die Gleichung besteht

$$\frac{a}{v^2} = k(\tau - d),$$

wo τ die vom kritischen Punkte abwärts gezählte Temperatur, k eine Konstante (für Flüssigkeiten nahe 2, 12), d eine Korrektionskonstante für τ, $\frac{a}{v^2}$ die molekulare Oberflächenenergie bedeutet.

Für sich associierende Körper ist k veränderlich. Aber auch für solche Substanzen lässt sich die Molekulargrösse berechnen (cf. Ramsay, Ztschr. f. phys. Chem. 15, 111).

Wir führen an Stelle von $\frac{a}{v^2}$ den Ramsay'schen Ausdruck der Oberflächenenergie $\gamma (M . v)^{\frac{2}{3}}$ ein, wo γ die Oberflächenspannung, gemessen in Dynen, $(Mv)^{\frac{2}{3}}$ die molekulare Oberfläche gemessen in cm^2 bedeutet. Dann können wir die Gleichung schreiben

$$\gamma . (Mv)^{\frac{2}{3}} = k(\tau - d).$$

Differenzieren wir diesen Ausdruck nach der Temperatur, so erhalten wir für nicht associierte Fähigkeiten

$$\frac{d\gamma (Mv)^{\frac{2}{3}}}{dt} = k.$$

Für unnormale Flüssigkeiten fügt Ramsay einen Faktor x ein, mit dem das Molekulargewicht multipliziert werden muss, um den richtigen Wert für k zu bekommen, die Gleichung geht dabei über in

[1]) Ztschr. f. phys. Chem. 12, 344.

$$\frac{d\gamma\,(xMv)^{\frac{2}{3}}}{dt} = k.$$

Die Ausführung der Differentiation ergiebt

$$x\,\frac{d\gamma\,(Mv)^{\frac{2}{3}}}{dt} + \gamma(Mv)^{\frac{2}{3}}\,dx^{\frac{2}{3}} = k.$$

Wird der zweite Posten vernachlässigt, so folgt

$$x = \left(k \cdot \frac{dt}{d\gamma\,(Mv)^{\frac{2}{3}}}\right)^{\frac{3}{2}}$$

Es ist die Molekulargrösse

$$M = m\,.\,x,$$

wenn m das Molekulargewicht im Gaszustand bedeutet.

Seit einiger Zeit bin ich mit der experimentellen Prüfung der theoretischen Ergebnisse und der Bestimmung der Molekulargrösse an festen Körpern beschäftigt.

Jedoch sind diese Untersuchungen für eine Publikation noch nicht reif. Ich wurde zur Veröffentlichung dieser kurzen theoretischen Betrachtung veranlasst durch die Nachricht, dass Herr Dr. J. TRAUBE für die Sitzung der Deutschen Chemischen Gesellschaft in Berlin am 9. Dezember einen Vortrag angekündigt hatte „die Ausdehnung der Gasgesetze auf den flüssigen und festen Aggregatzustand“. Ich möchte mir durch vorliegende Mitteilung das Recht sichern, auf dem angegebenen Gebiete weiter arbeiten zu dürfen.

Ich hoffe in nächster Zeit die experimentellen Belege für meine theoretischen Betrachtungen und einen weiteren Ausbau der Theorie liefern zu können.

ÜBER DIE

EINWIRKUNG VON SALZSÄURE AUF METALLISCHES NATRIUM BEI NIEDEREN TEMPERATUREN.

VON

E. DORN UND B. VÖLLMER.

1. In der Sitzung der physikalischen Gesellschaft zu Berlin am 11. Januar 1895 führte Herr ALTSCHUL einen Versuch von Herrn RAOUL PICTET an, nach welchem bei — 80° Natrium ruhig und unbeweglich in Salzsäure liegen bleibt, während bei gewöhnlicher Temperatur bekanntlich eine heftige, explosionsartige Reaktion eintritt.

Wir haben diesen Versuch mit gleichem Erfolge wiederholt.

2. Um über den Grund dieses auffälligen Verhaltens näheren Aufschluss zu gewinnen, untersuchten wir zunächst die elektrische Leitfähigkeit der benutzten Salzsäure.

Dieselbe hatte bei 18,0° das auf Wasser von 4° bezogene spezifische Gewicht 1,1211[1]) und somit den Prozentgehalt 24,3.

Zur Widerstandsmessung wurde ein ziemlich enges U-Rohr mit erweiterten Ansätzen benutzt, in welchen die 2 cm Durchmesser besitzenden kreisförmigen platinierten Elektroden in verschiedener Höhe festgestellt werden konnten.

Die auf Hg bezogene Widerstandskapazität wurde bei einem ersten Versuche $8933 . 10^{-6}$ gefunden; ferner zunächst bei 14,51° die auf Hg bezogene Leitfähigkeit der Salzsäure $6503 . 10^{-8}$, bis auf $^1/_3$ Prozent mit den Angaben von KOHLRAUSCH stimmend.

In einem Bade von fester Kohlensäure und Aether, dessen Temperatur an einem in der physikalisch-technischen Reichsanstalt berichtigten Alkoholthermometer abgelesen wurde, ergab sich

Temperatur	Leitfähigkeit
— 78,8°	$214 . 10^{-8}$
— 78,4	$216 . 10^{-8}$.

[1]) Eine konzentriertere Salzsäure vom spezifischen Gewicht 1,19 erstarrte bei — 80°.

Bei der letzten Messung fand ein unmittelbar nachher geprüfter Graphitwiderstand von 5625 Ohm Verwendung.

Zum Vergleich wurde nach der nämlichen Methode eine Lösung von 1,56 Proc. Chlorlithium in reinem Methylalkohol untersucht, wobei erhalten wurde

Temperatur	Leitfähigkeit
14,12°	$83,0 . 10^{-8}$
— 78,0	$10,12 . 10^{-8}$.

Ein zweiter Versuch mit einer vielleicht durch Wasseraufnahme etwas veränderten Salzsäure, bei welchem die Elektroden möglichst tief gestellt waren,[1]) führte auf

Temperatur	Leitfähigkeit
— 78,0°	$205 . 10^{-8}$
— 77,8	$208 . 10^{-8}$
— 77,5	$211 . 10^{-8}$.

Auffallend ist die starke Abnahme der Leitungsfähigkeit bei Salzsäure: dieselbe sinkt auf etwa $^1/_{35}$, gegen $^1/_{8,2}$ bei der Lösung von Chlorlithium in Methylalkohol.

3. Stellt man sich auf den Boden der Dissociationshypothese von Arrhenius, so könnte man den Grund suchen entweder in einer Abnahme der Anzahl der dissociierten Moleküle oder in einer Zunahme der Bewegungshindernisse, welche sie bei der tiefen Temperatur auf ihrer Wanderung finden.

Wenngleich die innere Reibung nicht ohne weiteres als Maass für diese Bewegungshindernisse angesehen werden kann, so konnte man doch hoffen, aus Reibungsversuchen wenigstens einen Anhalt für die Beurteilung zu gewinnen.

Wir haben daher die innere Reibung für unsere Salzsäure und die Lösung von Chlorlithium in Methylalkohol bestimmt.

Ohne in die Einzelheiten der Versuche einzugehen, soll hier nur erwähnt werden, dass die Flüssigkeit bei den tiefen Temperaturen schon vollständig abgekühlt in die Kapillare eintrat, und dass die

---

[1]) Selbstverständlich war die Widerstandskapazität nochmals bestimmt und zwar zu $8864 . 10^{-6}$.

Röhre lang und eng genug war, um für Wasser dem POISEUILLE'schen Gesetz zu genügen. In folgendem Täfelchen sind die Reibungskoeffizienten (im cm-, g-, sec-System) zusammengestellt.

HCl (24,3 Proc)		1,56 Proc. LiCl in CH_4O	
Temperatur	η	Temperatur	η
15,64°	0,01635	15,56°	0,007969
(— 78,9	0,8786)	— 78,8	0,0708
— 78,8	0,9007	— 78,8	0,0706
— 78,8	0,8994		
— 78,6	0,8941.		

Bei der Chlorlithiumlösung ist die Reibung auf das 8,9fache gestiegen, etwa der Widerstandsvermehrung (8,2) entsprechend; bei der Salzsäure ist die Reibung für die tiefe Temperatur etwa auf den 55fachen Betrag gewachsen, also erheblich stärker als der Leitungswiderstand (35).

Hierdurch wird es wahrscheinlich, dass die Erschwerung der Bewegung der Jonen mehr als eine Herabsetzung der Dissociation an der Steigerung des Widerstandes beteiligt ist.

4. Obwohl der Einfluss der Dichtigkeit auf die Berechnung der Reibungsversuche bei niederen Temperaturen nur von geringer Bedeutung war, haben wir doch dilatometrische Versuche angestellt. Hiernach war:

HCl (24,3 Proc.)		1,56 Proc. LiCl in CH_4O	
Temperatur	Dichte	Temperatur	Dichte
17,3°	1,1215	15,62°	0,8098
— 16,0	1,137	— 16,0	0,8371
— 78,4	1,174	— 78,4	0,8957.

5. Das Ausbleiben der chemischen Wirkung von HCl auf Na könnte man (in der Ausdrucksweise des Herrn NERNST) einer abnehmenden „Jonisierungstendenz" des Na bei niederen Temperaturen zuzuschreiben versuchen. Es wären dann zu wenig Na-Jonen vorhanden, um eine merkliche Reaktion zu geben.

Wir stellten daher ein Element Na-HCl-Pt bei etwa — 80° her und bezogen seine elektromotorische Kraft mit Hilfe eines Quadrantelektrometers auf ein LATIMER CLARK-Element. Das Na-HCl-Pt-Element hatte 3,02 Volt.

Da die Bildungswärme von HCl 220 K (K = 100 Grammkalorien), die von NaCl 976 K beträgt, so wäre die der chemischen Energie entsprechende[1]) elektromotorische Kraft

$$\frac{75600 \,.\, 4{,}19}{96540} = 3{,}28 \text{ Volt.}$$

Die nahe Uebereinstimmung der beobachteten mit der aus den Wärmetönungen bei gewöhnlicher Temperatur berechneten Zahl legt immerhin den Schluss nahe, dass eine erhebliche Abnahme der Jonisierungstendenz des Natriums bei — 80° noch nicht erfolgt ist.

Zum Vergleich haben wir ein Element aus amalgamiertem Zink, Platin und derselben 24,3 prozentigen Salzsäure untersucht. Bei diesem Element befanden sich die beiden Metalle in gesonderten, durch einen Heber verbundenen Gläschen. Die elektromotorische Kraft bei 13° war 1,45 Volt, bei etwa — 80°: 1,19 Volt, also erheblich weniger.

Aus den Wärmetönungen der Bildung und Lösung von $\frac{1}{2}$ $ZnCl_2$ (486 + 78) ergäbe sich, ähnlich wie oben berechnet, 1,49 Volt.

Uebrigens brachte nur die Abkühlung des Zinks das Sinken der elektromotorischen Kraft hervor, während Temperaturerniedrigung am Pt dieselbe ein wenig zu steigern schien.

6. Bei der wahrscheinlich noch vorhandenen erheblichen „Jonisierungstendenz“ des Na trotz der tiefen Temperatur schien uns eine Herabsetzung der Leitfähigkeit auf $^1/_{35}$ unzureichend, um jede chemische Wirkung aufzuheben. In dieser Vermutung wurden wir bestärkt durch das Auftreten von Gasblasen an dem amalgamierten Zink bei — 80° nach etwa fünf Minuten.

Daher unternahmen wir mehrere Versuche, die längere Zeit mit Natrium in Berührung gewesene Salzsäure abzusaugen und auf Chlornatrium zu analysieren.

Vier Versuche endeten mit einer Explosion nach zehn bis dreissig Minuten; endlich gelang ein Versuch, bei dem wir ein Stück besonders reines Natrium benutzten und durch Beschwerung mit einem Glasrohr auf dem Boden der Salzsäure hielten.

---

[1]) Bekanntlich findet im allgemeinen keine genaue Uebereinstimmung der aus den Wärmetönungen der chemischen Vorgänge berechneten elektromotorischen Kraft mit der thatsächlichen statt.

Es waren ungefähr 5 ccm Salzsäure und ein Stückchen Natrium von den Dimensionen etwa $11 \times 9 \times 5$ mm verwendet. In 0,991 g der nach zwölf Minuten abgezogenen Flüssigkeit fanden wir 7,4 mg NaCl.[1])

Dass eine chemische Wirkung vor sich ging, zeigten auch Gasblasen, welche während des Absaugens in der engen Pipettenröhre auftraten, obwohl die Spitze in der Flüssigkeit stand.

Man wird somit nicht von einem Aufhören, sondern nur von einer starken Verlangsamung der chemischen Reaktion zwischen HCl und Na bei -80^{0} sprechen können,[2]) welche durch die verringerte Leitungsfähigkeit und die grosse Zähigkeit der HCl begreiflich wird.

---

[1]) 10,39 g der Salzsäure, welche nicht mit Na in Berührung gewesen war, gaben nach Abdampfen und Glühen 0,5 mg Rückstand.

[2]) Auch die Explosionen deuten darauf hin: die durch die Reaktion erwärmte Salzsäure steigt nach oben; schwimmt nun das Natrium, so kommt es mit dieser wärmeren Säure in Berührung, und trotz des Kältebades kann sich die Temperatur so weit erheben, dass die Reaktionsgeschwindigkeit gross wird.

Halle, den 6. Februar 1896.

ÜBER DIE

SCHWINGUNGSRICHTUNG

DER

RÖNTGEN-STRAHLEN.

VON

E. DORN.

1. Am 23. Februar d. J. gelang mir der Nachweis, dass RÖNTGEN-Strahlen negativ geladene Körper zu entladen vermögen.

Eine grosse CROOKES'sche Röhre (mit einem etwa 4 cm Schlagweite entsprechenden Vakuum) war in schwarzen Sammet eingewickelt; vor die Vorderfläche wurden zwei Drahtnetze, von einander 5 cm abstehend, im Halbkreise auf einer zur Erde abgeleiteten Metallplatte aufgestellt. Zwischen ihnen befand sich ein grosser Bogen von schwarzem Karton. Auf der andern Seite der Drahtnetze befand sich ein lichtelektrischer Apparat nach ELSTER und GEITEL mit Natriumamalgam, welcher seine Ladung von einer ZAMBONI'schen Säule durch Vermittlung eines Leinenfadens erhielt. Besondere Schirme blendeten das von dem Unterbrecher des Induktors ausgehende Licht ab.

Bei jeder einzelnen der langsam erfolgenden Entladungen konnte man den Ausschlag des Elektroskops abnehmen sehen.

Dass dieser Erfolg nur durch die RÖNTGEN-Strahlen hervorgebracht wurde, ging daraus hervor, dass er ausblieb, als die CROOKES'sche Röhre durch eine andere von ungefähr 1 mm Druck und durch ein Funkenmikrometer von etwa 2 cm Schlagweite ersetzt wurde.

Dieselbe Erscheinung, nur schwächer, konnte ich mit einer kleineren, nach meinen Angaben hier geblasenen und von mir selbst evakuierten Röhre (Schlagweite etwa 2 cm) hervorrufen.

2. Als ich die Versuchsbedingungen abänderte, fiel mir auf, dass gegen meine Erwartung die Wirkung bei senkrechtem Einfall der RÖNTGEN-Strahlen erheblich schwächer war als bei schrägem.

Um diese Verhältnisse näher aufzuklären, machte ich am 26. und 27. Februar unter Benutzung der von mir evakuierten Röhre (gerade, 32 mm Durchmesser) einige messende Versuche.

Die Kugel mit dem Natriumamalgam befand sich in einer Art Kasten, dessen Boden aus Eisenblech und dessen übrige Seiten aus Bleiblech bestanden. Nur die dem Induktorium und der Röhre abgewandte Seite war aus Holz, durch welches, mit Ebonit isoliert, die Leitungen zum Natriumamalgam und zur ableitenden Elektrode hindurchführten. Der — zur Erde abgeleitete — Deckel des Kastens hatte eine runde Oeffnung von 27 mm Durchmesser. Besondere Schirme schützten das Elektrometer etc. gegen Licht und elektrische Einwirkungen von Röhre und Induktorium.

Die Röhrenaxe war stets auf den Natriumamalgamspiegel zu gerichtet; das untere Röhrenende stand von demselben etwa 20 cm ab. Die Röhrenachse war entweder zur Oberfläche des Natriumamalgams senkrecht oder bildete damit einen Winkel von 45°.

Die Strahlen traten durch das Loch im Kastendeckel zu dem 8 cm tiefer liegenden Spiegel des Natriumamalgams.

Um den Lichtwirkungen und elektrischen Einflüssen den Durchgang durch das Loch zu verwehren, wurde dasselbe mit dünnem Aluminiumblech und schwarzem Karton darüber verdeckt. Beide Substanzen sind für RÖNTGEN-Strahlen bekanntlich durchlässig.

Statt der zu starken ZAMBONI'schen Säule wurde eine solche von 100 Latimer CLARK-Elementen benutzt, welche durch einen Leinenfaden mit dem EXNER'schen Elektroskop in Verbindung stand.

3. Die volle elektromotorische Kraft der 100 Elemente (144 Volt) erzeugte einen Ausschlag von etwa 12,6 Skalenteilen. Da dieser sich sehr langsam (wegen des Leinenfadens) herstellte, wurde nicht immer seine volle Ausbildung abgewartet.

Im Folgenden ist der Ausschlag vor Ingangsetzung des Induktors und nach 30 Sekunden Thätigkeit desselben, während welcher ungefähr 120 Entladungen erfolgten, sowie die Differenz zwischen beiden angegeben.

Versuche am 26. Februar 1886.

Senkrechter Einfall.

Loch mit einer Bleiplatte verdeckt:

11,9
11,9
———
0,0

Loch mit Al. und Karton verdeckt:

12,3	12,1	11,9	
11,5	11,0	11,0	
0,8	1,1	0,9	Mittel 0,9.

Einfall unter 45°.

Loch mit Bleiplatte verdeckt:

12,1
12,4
0,3 Zunnahme!

Al. und Karton.			Karton allein.		
12,6	12,3		12,6	12,1	
9,3	9,1		9,1	9,1	
3,3	3,2	Mittel 3,3.	3,5	3,0	Mittel 3,3.

Versuche am 27. Februar 1896.

Einfall unter 45°.

Bleiplatte.	Al. und Karton.		
11,6	12,0	11,9	
11,6	8,7	8,7	
0,0	3,3	3,2	Mittel 3,3.

Senkrechter Einfall.

Al. und Karton.		
11,7	11,9	
10,4	10,4	
1,3	1,5	Mittel 1,4.

Entsprechende Ergebnisse, welche eine andere Röhre gleicher Form lieferte, führe ich nicht an, da die das Vakuum charakterisierende Schlagweite sich während der Versuche stark änderte.

Die Crookes'sche Röhre ist für derartige Versuche wegen der sehr ausgedehnten Strahlungsfläche weniger geeignet; indessen mögen die folgenden Resultate hier Platz finden:

Versuche am 27. Februar 1896.

Einfall unter 45°.

Bleiplatte.	Al. und Karton.		
11,4	12,2	11,7	
10,2	5,1	4,7	
1,2	7,1	7,0	Mittel 7,1.

Senkrechter Einfall.

Bleiplatte.		Al. und Karton.	
11,5	11,5	11,7	11,5
10,2	10,2	7,1	6,9
1,3	1,3	4,6	4,6

Nahe streifender Einfall (etwas andere Aufstellung). Oeffnung mit Neusilberblech versetzt

9,9
9,3
0,6

Oeffnung durch Doppeldrahtnetz und Karton geschützt

11,0	10,7	
3,9	4,0	
7,1	6,7	Mittel 6,9.

Endlich ersetzte ich bei dieser letzten Anordnung den lichtempfindlichen Apparat von Elster und Geitel durch eine amalgamierte Zinkplatte, von etwa entsprechender Grösse. Ich erhielt:

Neusilberblech.	Drahtnetz und Karton.
10,5	10,4
10,0	3,6
0,5	6,8

4. Zunächst mag als auffällig hervorgehoben werden, dass Natrium- und Zinkamalgam keinen merklichen Unterschied zeigen. Es muss dahingestellt bleiben, inwieweit die ziemlich erhebliche Absorption der Röntgen-Strahlen durch das Glas der das Na-Hg enthaltenden Kugel mitwirkt.

5. Für die Erörterung der entladenden Wirkung der Röntgen-Strahlen bei senkrechtem und geneigtem Einfall muss die Crookes-

Röhre ausser Betracht bleiben. Denn wenn auch die centralen Strahlen senkrecht einfallen, so sind doch die seitlichen Strahlen schon merklich geneigt und überwiegen an Zahl.

Die gerade Röhre von geringem Querschnitt gab für senkrechten Einfall 0,9—1,4, für Neigung unter 45° aber 3,3 Skalateile. Beachtet man, dass in diesem Falle die Projektion der lichtempfangenden Fläche senkrecht zur Achse des Strahlenbündels nur etwa 0,7 der ganzen Fläche ist, so wäre zum Vergleich statt 3,3 etwa 4,7 anzusetzen; eine weitere Erhöhung wäre bedingt dadurch, dass bei schrägem Einfall weniger Strahlen die Oeffnung durchsetzen können. Ferner ist der Rand der empfindlichen Fläche durch Kapillarkräfte gekrümmt, sodass hier also ein schiefer Einfall erfolgt; endlich sind auch bei der schmalen Röhre die seitlichen Strahlen gegen die Achse des Bündels merklich geneigt.

Hienach wird sogar nicht ausgeschlossen sein, dass senkrecht einfallende Röntgen-Strahlen überhaupt nicht entladend wirken; jedenfalls tritt die Wirkung senkrechter Strahlen gegen die geneigten stark zurück.[1])

Wir werden die Röntgen-Strahlen schon ihrer Entstehungsart nach als ein „elektrisches Phänomen im weiteren Sinne“ anzusehen haben.

Nach Jaumann[2]) kommt aber für die entladende Wirkung elektrischer Wellen die zur getroffenen Fläche normale Komponente in Betracht. Wir werden also aus obigen Versuchen schliessen müssen, dass die Röntgen-Strahlen ganz oder zum grössten Teil **transversal** sind.

Dieser Schluss findet eine Stütze in dem Verhalten der Röntgen-Strahlen gegen den Magnet; sie werden nach Angabe Röntgen's ebensowenig abgelenkt wie die transversalen Lichtstrahlen.

---

1) Die ganze Erscheinung verläuft ähnlich wie die H. H. Elster und Geitel es für die entladende Wirkung der Lichtstrahlen gefunden haben. Vgl. Wied. Ann., Bd. 55, insbes. S. 693.

2) Sitzungsberichte der Wiener Akademie Bd. 104, Abt. IIa, Juli 1895, und Wied. Ann. Bd. 57, S. 147, 1896. Sollten die Röntgen-Strahlen der transversale Teil der Kathodenstrahlen (nach Jaumann) sein?

Halle, 27. Februar 1896.

ÜBER FRESNELSCHE BEUGUNGSERSCHEINUNGEN BEI RÖNTGENSTRAHLEN.

VON

Dr. G. KÜMMELL-LEIPZIG.

(Vorgelegt in der Sitzung am 7. März 1896 von Herrn KARL SCHMIDT.)

Bringen wir vor einer einfarbigen Lichtquelle einen Spalt von nicht allzu geringer Breite an und in einiger Entfernung einen zweiten, parallel dem ersten, so beobachten wir nahe am Spalt mit einer Lupe oder der photographischen Platte ausser den seitlichen Streifen im Mittelpunkt des centralen Spaltbildes bald Dunkelheit, bald Helligkeit, je nachdem wir den Abstand vom Spalt verändern. Näherungsweise sei es gestattet anzunehmen, dass Helligkeit in der Mitte, d. h. ein scharfer heller Streifen, auftritt, wenn die Randstrahlen mit dem Mittelstrahl um eine halbe Wellenlänge oder ein ungerades Vielfaches derselben auseinander sind, Dunkelheit in der Mitte, wenn der Unterschied eine ganze oder das Vielfache einer ganzen Wellenlänge beträgt.

I. Entsprechend dieser bekannten Versuchanordnung wurde vor die RÖNTGEN-Strahlen erzeugende Röhre eine Bleiplatte von 3 mm Dicke mit einem Spalt von 4 mm Breite gesetzt. In 190 mm Entfernung stand eine zweite Bleiplatte von gleicher Dicke mit einem Spalt von 1,2 mm Breite. Hinter diesem Spalt wurde die photographische Trockenplatte in geschlossener Kassette in verschiedenen Abständen angebracht.

In der 1. Entfernung, 22 mm von der Bleiplatte, lassen sich am Rande des Spaltbildes 2 helle Linien erkennen, während die Mitte dunkel erscheint; in der 2. Entfernung, 45 mm, ist das gesamte Spaltbild gleichmässig hell. In der 3. Entfernung, 65 mm, tritt in der Mitte des Spaltbildes eine helle Linie auf; in der 4. Entfernung, 85 mm, ist wieder alles gleichmässig hell. In der 5. Entfernung, 110 mm, zeigen sich am Rande des Spaltbildes wieder 2 helle Linien, während die Mitte dunkler erscheint.

Um die Orte, an denen die Erscheinung am deutlichsten sichtbar ist, genauer festzustellen, wurde der Versuch in der Art wiederholt, dass die photographische Platte schräg gestellt wurde, und zwar so, dass sie bei jeder folgenden Aufstellung mit dem oberen Rande sich in derselben Entfernung vom Spalt befand, wie etwa die Mitte oder der untere Rand der vorhergehenden.

1. Stellung. Oberer Abstand 12 mm, unterer 35 mm, Neigungswinkel gegen den Spalt 24°. Am oberen Rande ist das Spaltbild ziemlich gleichmässig hell, mit grösser werdender Entfernung lassen sich im Spaltbild zwei helle Linien sehen, während die Mitte dunkler erscheint, am deutlichsten sichtbar ist dies bei einem Abstand von 29 mm.

2. Stellung. Oberer Abstand 17 mm, unterer 47 mm, Neigungswinkel 23°. Die oben deutlich sichtbaren 2 hellen Linien sind nach unten hin in eine unscharfe helle Linie zusammengeflossen.

3. Stellung. Oberer Abstand 47 mm, unterer 71 mm, Neigungswinkel 23°. Die eine helle Linie in der Mitte, nach oben wie nach unten hin verbreitert, ist etwa bei 62 mm Abstand scharf.

4. Stellung. Oberer Abstand 73 mm, unterer 109 mm, Neigungswinkel 28°. Die oben ziemlich unscharf beginnende helle Mittellinie verbreitert sich nach unten hin immer mehr, so dass um unteren Rande das Spaltbild ziemlich gleichmässig hell ist.

5. Stellung. Oberer Abstand 91 mm, unterer 121 mm, Neigungswinkel 22°. Die oben sehr verbreitert beginnende eine helle Linie trennt sich nach unten hin in 2, die bei 115 mm Abstand einen dunklen Zwischenraum zwischen sich erkennen lassen.

Demgemäss dürfen wir annehmen, dass bei 29 mm und 115 mm sich in der Mitte des centralen Spaltbildes ein Minimum, bei 62 mm ein Maximum befindet.

II. Es wurde noch ein 2. Versuch unter veränderten Bedingungen angestellt. Vor der leuchtenden Röhre befand sich eine Bleiplatte von 2 mm Dicke mit einem Spalt von 1,5 mm Breite. In 150 mm Abstand der 2. Spalt von 0,8 mm Breite geschnitten in eine Silberplatte von 1 mm Dicke. Besondere Sorgfalt war darauf verwendet worden, dass die Spaltränder keine Ungleichmässigkeit zeigten, wie ja auch aus diesem Grunde das härtere Silber bei nicht allzugrossem Dichtigkeits-

unterschied dem weicheren Blei vorgezogen wurde. Die photographische Platte war in einem leichten Pappkästchen auf einem Massstabe verschiebbar angebracht, so dass sich genau der Abstand vom Spalt feststellen liess. Es wurden Aufnahmen gemacht von cm zu cm mit vertikaler Platte. Bis zu 3 cm Abstand ist das Spaltbild ziemlich gleichmässig hell, dort lassen sich zuerst am Rande 2 schwache helle Linien sehen, bei 42 mm Abstand treten 2 scharfe helle Linien auf, zwischen ihnen eine deutliche dunkele. Mit grösser werdendem Abstand wird die Erscheinung unscharf, bis bei 112 mm die beiden hellen Linien sich zu einer breiten vereinigt haben. Bei 202 mm Abstand ist diese helle Mittellinie ganz scharf. Also Helligkeitsminimum bei 42 mm, Helligkeitsmaximum bei 202 mm.

Eine Berechnung der Wellenlänge hiernach auszuführen dürfte jedoch auf verschiedene Schwierigkeiten stossen. Einmal ist die Methode doch zu ungenau, sodann muss man aber vor allem berücksichtigen, dass wir es bei den Röntgen-Strahlen möglicherweise nicht mit Strahlen von nur einer Wellenlänge zu thun haben. Immerhin gestatten die Beobachtungen einen Schluss auf die Grössenordnung. Es berechnet sich aus der ersten Beobachtungsreihe, und zwar aus der Differenz der beiden Helligkeitsminima, die Wellenlänge zu $43 . 10^{-4}$, aus dem Unterschied von Maximum und Minimum der zweiten genaueren Beobachtungsreihe zu $32 . 10^{-4}$, wir werden also wohl nicht weit fehlgehen, wenn wir die Wellenlänge der Röntgen-Strahlen von der ungefähren Grösse von $\frac{1}{300}$ mm annehmen.

Dass es wirklich möglich ist, auf diese Weise eine annähernde Schätzung der Wellenlänge auszuführen, möge folgender analoge Versuch beweisen: Es wurden zwei Spalten von 0,25 mm Breite in bekannter Weise aus Staniol hergestellt und in einem Abstand von 600 mm auf ein Papprohr befestigt. Eine Natriumflamme durch diese Vorrichtung betrachtet ergab in der Mitte des centralen Bildes Dunkelheit bei 15 mm Abstand, Helligkeit bei 33 mm, daraus die Wellenlänge $6 . 10^{-4} = 0{,}0006$ mm.

Physikalisches Institut d. U. Leipzig, 12. Februar 1896.

Bemerkungen zu der vorstehenden Arbeit

von

K. E. F. SCHMIDT.

Die Zweifel, welche von verschiedenen Seiten über die Richtigkeit der Interpretation, welche KÜMMELL den von ihm im Vorhergehenden beschriebenen Versuchen gab, waren mir bei der grossen Wichtigkeit der Frage Veranlassung, die Versuche von KÜMMELL zu wiederholen und auch die quantitativen Verhältnisse etwas eingehender zu verfolgen.

Zunächst nahm ich die FRESNEL'schen Beugungsbilder photographisch auf, indem ich, wie KÜMMELL, die photographische Platte schräg stellte. Die Reproduktion des Photogramms findet sich auf der rechten Seite der Tafel I, Fig. 6. Fig. 5 der gleichen Tafel giebt die FRESNEL'sche Erscheinung bei vertikal gestellter Platte. Der Abstand der Spalte betrug ca. 50 cm, der Abstand der photographischen Platte vom zweiten Spalt ca. 50 mm; beleuchtet wurde mit Magnesiumlicht.

Bei einer zweiten Versuchsreihe, die ich mit Herrn HANS HAUSWALDT-Magdeburg in dessen Laboratorium ausführte, stellte ich die Spalte in einen Abstand von 150 mm auf und bestrahlte bei gleichbleibender Weite des hinteren (von der Lichtquelle abgewandten) Spaltes einmal mit einer Glühlampe, dann mit RÖNTGEN-Strahlen. Die Spalte waren Spectrometerspalte, der eine aus Messing, der andere aus Stahl, beide mit zugeschärften Kanten versehen. Hinter dem zweiten Spalte befand sich die photographische Platte beidemal in gleichem Abstand.

In beiden Fällen erhielt ich qualitativ gleiche Resultate: zwei Maxima, welche bei den Röntgen-Strahlen weiter als bei den Lichtstrahlen von einander abstehen.

Es lässt sich aus diesen vorläufigen Resultaten ein Schluss auf die absolute Grösse der Wellenlänge für die Röntgen-Strahlen nicht ziehen, da man bei den scharf geschliffenen Spaltkanten eine genaue Angabe der Spaltbreite nicht machen kann, denn in sehr dünnen Schichten sind die Metalle alle durchlässig für Röntgen-Strahlen.

Soviel scheint mir aber aus den Versuchen mit Sicherheit zu folgen, dass die Kümmell'sche Auffassung des Phänomens als eine Interferenzerscheinung keine Zweifel zulässt.

Ferner ergiebt sich mit Sicherheit, dass die Röntgen-Strahlen grössere Wellen als das Licht besitzen, denn die Lage der Minima und Maxima ergiebt für die Wellenlänge λ folgenden Wert:

$$\lambda = \frac{e x_0}{\varrho_0} \cdot \frac{4}{2k+1} \text{ (Min.) und } \lambda = \frac{e \,.\, x_0}{\varrho_0} \cdot \frac{1}{k} \text{ (Max.)}$$

wo e = Spaltbreite,
x_0 = Abstand des Maximums von der Mittelsenkrechten des zweiten Spaltes,
ϱ_0 = Abstand der photographischen Platte vom zweiten Spalt,
k = Ordnung der Interferenz bedeutet.

Für gleiche Werte ϱ_0 und k folgt also wegen des grösseren x_0 und sicherlich nicht kleineren wahrscheinlich etwas grösseren Wertes e für die neue Strahlengattung eine grössere Wellenlänge.

Ich muss daher auch in diesem Punkte eine Bestätigung der Kümmell'schen Resultate, welche für die Röntgen-Strahlen die Wellenlänge 0,003 mm ergaben, durch meine Versuche annehmen.

Wir treten damit der jetzt von verschiedenen Seiten erhobenen Behauptung entgegen, dass die Röntgen-Strahlen Aetherwellen von ausserordentlicher Kürze sind.

Ich glaube, dass man diesen Interferenzversuchen ihrer grossen Durchsichtigkeit und Einfachheit wegen grössere Beweiskraft zuschreiben muss als den nicht einwandlosen Beobachtungen, aus denen man auf so kurze Wellen schliessen will.

Da die Interferenzversuche FRESNEL's in allen Fällen, wo eine Brechung der Strahlen durch Linsen nicht beobachtet werden kann, die einfachste Methode bildet, um Schlüsse über die Wellenlänge der Strahlen zu machen, so schien mir eine eingehende quantitative Berechnung erwünscht. Auch diese ergiebt wegen der wenigstens qualitativ abzuleitenden Uebereinstimmung zwischen Beobachtung und Berechnung ein neues Beweismoment für die Richtigkeit der KÜMMELL'schen Schlüsse bezüglich der Grösse der Wellenlängen.

Die Berechnung der Intensitätsverhältnisse erfolgt in bekannter Weise mit Hülfe der FRESNEL'schen Integrale.[1]) Die Resultate dieser Berechnung sind Tafel Fig. 7 in den Kurven 1 und 2 für den von KÜMMELL gewählten Fall graphisch dargestellt; die erste Kurve bezieht sich auf den Fall, wo die photographische Platte 42 mm, die zweite auf den Fall, wo sie 202 mm vom zweiten Spalt abstand. Die Berechnung ist unter der Annahme $\lambda = 0{,}003$ mm durchgeführt. Kurve 1 entspricht zwei Maximis mit dunkler Mitte des Gesichtsfeldes; Kurve 2 entspricht einem Maximum in der Mitte mit abnehmender Intensität nach den Rändern, genau so wie es die KÜMMELL'schen Beobachtungen zeigen.

Ich habe noch für die Wellenlängen $l = 0{,}004$ mm und $\lambda = 0{,}006$ mm die gleichen Intensitätskurven für die Grössen

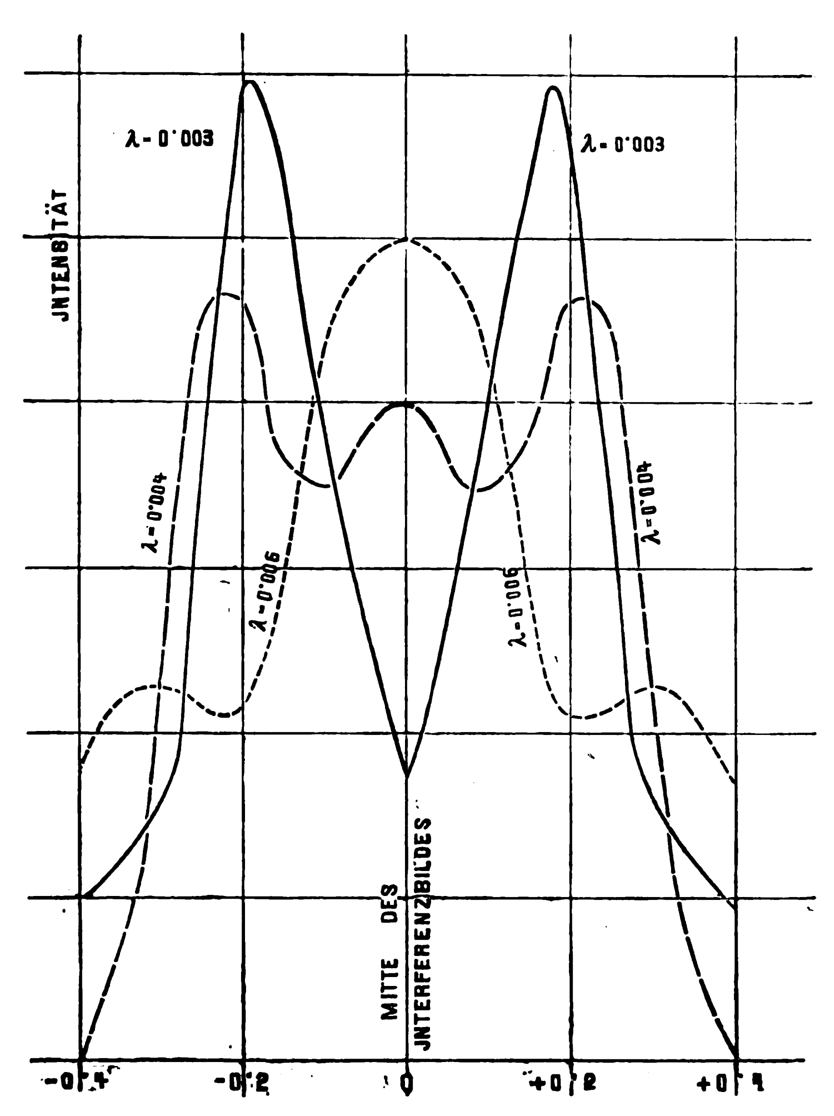
$$\varrho_0 = 42 \text{ mm} \qquad c = 0{,}4 \text{ mm}$$

berechnet, um die Beweiskraft der aus dieser Betrachtung gezogenen Schlüsse zu ersehen.

Die in dem nebenstehenden Holzschnitt zur Darstellung glangten Kurven lassen leicht erkennen, wie stark sich bei kleinen Aenderungen der Wellenlänge die Interferenzbilder ändern. Während die Wellenlänge $\lambda = 0{,}004$ fast gleichmässige Helligkeit des Gesichtsfeldes giebt, resultiert für $\lambda = 0{,}006$ mm ein Maximum in der Mitte des Interferenzbildes. Da nun auf dem Photogramm zwei Maxima für die oben bezeichnete Lage der empfindlichen Platte von KÜMMELL beobachtet sind, so dürfte die von ihm angenommene Wellenlänge nicht weit von der Wirklichkeit abliegen.

---

[1]) Siehe u. A. KIRCHHOFF, Vorlesungen über Optik, 7. Vorlesung.



Verlauf der Intensität in dem Interferenzbilde für die Wellenlängen:
$\lambda = 0{,}003$ mm, $\lambda = 0{,}004$ mm, $\lambda = 0{,}006$ mm.

In der Besprechung äusserte Herr KÜMMELL mir gegenüber, dass die Wellenlänge einen Schluss auf die Schwingungsrichtung [1]) der neuen Strahlen zuliesse; indem er glaubte annehmen zu sollen, dass wir longitudinale Wellen in denselben haben, da die Wellen der

[1]) Vgl. darüber E. DORN, diese Abhandlungen Bd. XXI, p. 53. DORN schliesst von den Entladungsversuchen elektrisch geladener Metallspiegel durch RÖNTGEN Strahlen auf ihre Transversalität.

Länge nach mit den Wärmewellen übereinstimmen, die so ganz andere Eigenschaften bezüglich der Brechbarkeit, Reflexion und Absorption zeigen und man nicht gut annehmen könne, dass zwei transversale Wellen gleicher Schwingungsdauer mit so verschiedenen Eigenschaften neben einander im Aether existieren.

Ich glaube jetzt, dass wir einen Schluss über die Longitudinalität oder Transversalität aus den Beugungserscheinungen nicht ziehen können. Denn in den magnetischen Wellen, die gleichzeitig mit den elektrischen als transversale Wellen gleicher Länge den Raum nach Maxwells Theorie durcheilen, begegnet uns ähnliches. Beide zeigen wesentliche andere Eigenschaften und können sehr wohl neben einander bestehen. Unwillkürlich erinnert man sich des verschiedenen Verhaltens der Dielektricitätskonstanten ε und der Magnetisierungsgrösse μ für die verschiedenen Substanzen. Die Verschiedenheit ε erzeugt Brechung der elektrischen Kraftlinien beim Auftreffen der Linien auf Metalle und Dielektrika, während für die magnetischen Linien die Brechung nur bei den ferromagnetischen Körpern besonders dem Eisen beobachtet wird. Die meisten Substanzen lassen indessen die magnetischen Kraftlinien unabgelenkt hindurch.

Optisch gesprochen würde das Verhalten der magnetischen Linien so zu deuten sein, dass die meisten Medien einen nahe an 1 liegenden Brechungsexponenten für die Strahlen magnetischer Kraft besitzen, während für die elektrischen Strahlen ein Exponent, der wesentlich von 1 abweicht, resultiert.

Die Fresnel'schen Beugungsbilder werden uns Aufschluss geben können, ob sich die naheliegende Vermutung, dass Röntgen-Strahlen verschiedener Wellenlänge existieren, bestätigt.

Soviel ich weiss, war Puluj der erste, der durch Einbringung stark fluorescierender Substanzen in die Hittorf'sche Röhre die photographische Wirksamkeit der Röntgen'schen Strahlen erhöhte. Später ist dann auch von Dorn, Edison u. A. das gleiche Resultat erzielt.

Mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit darf man annehmen, dass man hier nicht gleiche Strahlen vor sich hat, sondern solche verschiedener Wellenlänge. Herr Hauswaldt hat es auf meine Ver-

anlassung übernommen, die entsprechenden Versuche durchzuführen, und ich werde mir gestatten, über die Resultate dieser Untersuchung später Mitteilung zu machen.

Die FRESNEL'sche Interferenzmethode verspricht, uns auch Aufschluss zu geben über die Wellenlänge der Kathodenstrahlen, deren eventuelle Aenderung im magnetischen Felde etc.; ich behalte mir vor, auch hierüber nach Abschluss der Versuche Mitteilung zu machen.

MITTEILUNGEN

ÜBER

RÖNTGEN-STRAHLEN.

VON

E. DORN.

Mit 1 Tafel.

Obwohl das Nachstehende nur zum Teil den Anspruch auf Priorität der Veröffentlichung erheben kann, so dürfte es doch bei der Neuheit des Forschungsgebietes als Bestätigung anderweitig gewonnener Ergebnisse und aus praktischen Rücksichten nicht ganz ohne Interesse sein.

1. Herstellung der Röhren („Röntgen-Lampen"). Viele der in den Handel gebrachten Röhren leiden an zwei Fehlern: die Glasumhüllung der eingeschmolzenen Drähte wird bei Benutzung stärkerer Inductorien durchschlagen,[1]) oder das anfänglich hinreichend hohe Vacuum wird durch Gasentwicklung schon nach kurzer Zeit so verschlechtert, dass keine Röntgen-Strahlen mehr auftreten.

Ich lasse daher den Platindraht in den ziemlich starken Aluminiumdraht axial einbohren, worauf dann der Platindraht und das angrenzende Stück des Aluminiumdrahtes sorgfältig mit blauem Einschmelzglas in einer Dicke von 4—5 mm (äusserer Durchmesser) umhüllt wird. Derartige Elektroden sind mir auch nicht ein Mal durchschlagen worden, obgleich ich oft mit einem Inductorium von 40 cm Schlagweite arbeitete und Vacua benutzte, welche 5—6 cm Funkenlänge entsprachen.

Der Hauptkörper der Röntgen-Lampe erhält nahe der Mitte ein seitliches Ansatzrohr, welches zunächst etwa 2 cm gerade verläuft, dann folgt auf eine Einschnürung eine sanft gebogene Strecke von ungefähr 5 cm, in die kurz vor dem Anschmelzen an die Quecksilberluftpumpe ein kleines Stückchen Aetzkali gebracht wird. Nachdem dieses eingeführt ist, wird zum Zwecke des späteren Abschmelzens von der Pumpe eine zweite Einschnürung angebracht und nun durch

[1]) Dann entwickelt sich sofort eine so grosse Gasmenge, dass die Röhre unbrauchbar wird.

Vermittelung einer KUNDT'schen Glasfeder unter Vorschaltung eines Röhrchens mit echtem Goldblatt[1]) der Anschluss an die Quecksilberluftpumpe durch Anschmelzen hergestellt.

Selbstverständlich müssen die Röhren vor der Verarbeitung peinlich sauber gereinigt werden und dürfen vor dem Evacuieren nicht lange liegen; beim Blasen bedient man sich eines vorgelegten Trockenrohrs. Auch die Pumpe muss rein sein und darf nicht lange stehen, ohne evacuiert zu sein.

Zunächst evacuiere ich langsam, indem ich die Entladungen eines kleineren Inductoriums (Spule etwa 30 cm lang) in wechselnder Richtung etwa 1/2 Stunde wirken lasse. Dann entferne ich das Inductorium, erzeuge ein hohes Vacuum und umgebe die Röhre mit einem einfachen Luftbad, welches eine Temperatur von 220—250° zu erzielen gestattet. Ich setze die Erhitzung in der Regel über Nacht fort und beseitige die losgelösten Gasmengen am späten Abend, Morgens früh und noch einmal eine Stunde später. Das Kali bleibt ausserhalb des Luftbades und wird zweimal geschmolzen: bei etwa 4 cm Druck und nachdem das erste mal ein ziemlich hohes Vacuum erzielt ist.

Nach langsamer Abkühlung, während deren das Vacuum erhalten wird, erfolgt das Abschmelzen.

Alle so hergestellten Röhren haben zunächst ein hohes Vacuum. Ich kontroliere dasselbe durch ein zur Röhre parallel geschaltetes Funkenmikrometer. Bei einigen Röhren verschlechterte sich zunächst das Vacuum, verbesserte sich aber bald wieder unter der Einwirkung des grossen Inductoriums. Wird das Vacuum zu hoch, so wird durch sehr vorsichtiges Erwärmen des Kalis etwas Gas entwickelt, während man das Inductorium im Gange hält, um den Erfolg beurteilen zu können. RÖNTGEN scheint meistens bei etwa 3 cm Schlagweite gearbeitet zu haben, doch kann man ohne Schaden für die Wirkung erheblich höher hinaufgehen, wenn die Röhren es ertragen. Ich habe dieselbe Röhre zunächst auf eine, dann auf die andere Hälfte der nämlichen photographischen Platte eine gleiche Zeit wirken lassen, indem einmal das Vacuum unter 3,5 cm, dann aber auf 5,5 cm erhalten wurde. Ein merklicher Unterschied war nicht zu erkennen.

---

[1]) Zur Abhaltung der Quecksilberdämpfe.

2. Form der Röhren. Birnförmige Röhren mit grosser ebener Kathode sind brauchbar, wenn es sich nur um reichliche Erzeugung von RÖNTGEN-Strahlen handelt; sie geben aber unscharfe Photogramme. Für photographische Zwecke weit geeigneter habe ich gerade Röhren von etwa 20 cm Länge und 3,3 cm Durchmesser gefunden. Die Kathode hat 15—25 mm Durchmesser und ist hohlspiegelartig mit etwa 10 cm Radius gekrümmt; die kleinere ebene Anode sitzt in einem kurzen seitlichen Ansatz jenseits der Röhrenmitte. Mit solchen Röhren habe ich ohne Diaphragma Photographieen von Händen u. s. w. erhalten, welche den besten mir bekannten Veröffentlichungen an die Seite gestellt werden können. Man vergleiche die Tafel.

3. Einführung anderer Substanzen in die Röhren zur Erzeugung kräftiger RÖNTGEN-Strahlen.

Da die RÖNTGEN-Strahlen auf Baryum- und Kaliumplatincyanür kräftig einwirken, so liegt es nahe, diese Substanzen in einer dünnen Schicht auf dem Boden der Röhre auszubreiten. Ein Versuch mit Kaliumplatincyanür zeigte aber, dass aus demselben durch die Kathodenstrahlen reichlich Gas entwickelt wird, sodass diese Substanzen nicht verwendbar sind.

Eine käufliche Leuchtfarbe gab eine haltbare Röhre, die aber einer einfachen Glasröhre wenig überlegen war.

Jodrubidium war recht brauchbar, nur verdampfte die Substanz an der Stelle stärkster Wirkung der Kathodenstrahlen, wenn das grosse Inductorium benutzt wurde.

Eine Röhre mit RbJ (1,4 cm Schlagweite) lieferte bei fünf Minuten Exposition auf einer „Lumière"-Platte in 20 cm Abstand mit einem kleinen Inductorium (30 cm Spulenlänge, Platinunterbrecher, etwa 20 Entladungen in der Sekunde) ein fast ausexponiertes Photogramm; mit dem grossen Inductorium (sieben Accumulatoren, Quecksilberunterbrecher, sechs Entladungen in einer Sekunde) war der Erfolg noch besser.[1])

4. Fluorescenzerregung. Hierfür benutzt man nach dem Vorgang RÖNTGENS fast ausschliesslich Baryumplatincyanür. Bei schwächeren

[1]) Seitdem habe ich mit Jodrubidiumröhren bei höherem Vacuum in zehn Sekunden ein ziemlich ausexponiertes, in fünf Sekunden noch ein deutliches Bild erhalten. (Kleines Inductorium, 5 Accumulatoren. 5 cm Abstand).

Strahlen habe ich Kaliumplatincyanür entschieden empfindlicher gefunden. Darin, dass bei stärkeren Strahlen das Baryumplatincyanür wenigstens ebenso gut wirkt, kann man einen weiteren Beleg für die von anderer Seite aus den Absorptionsvorgängen gefolgerte Verschiedenheit der RÖNTGEN-Strahlen erblicken.

Jodrubidium fluoresciert recht lebhaft, dagegen auffallender Weise Pentadecylparatolylketon und Phenylcyanisobrenztraubensäureester (Phenylhydroxymaleïnimid-Aethylester [1]), welche auf Kathodenstrahlen weit kräftiger reagieren, kaum in merklichem Grade. Dies ist ein weiterer Unterschied der RÖNTGEN-Strahlen und Kathodenstrahlen.

Hervorgehoben mag noch werden, dass die beiden gegen Kathodenstrahlen empfindlichen Substanzen unter mechanischer Einwirkung hell leuchten.

5. Verhalten der Röhren (RÖNTGEN-Lampen). Bei vielen gut wirkenden Röhren konnte ich von der Mitte der Kathode einen zarten, weisslich-rötlichen Lichtpinsel auf mehrere Zentimeter verfolgen. Die Kathode bedeckt sich von der Ausgangsstelle des Lichtpinsels beginnend bei längerer Benutzung mit Anlauffarben offenbar in Folge von Gasabsorption. Ist die Röhre nicht mehr ganz frisch, so erscheint in der Symmtrieaxe der Kathode ein bräunlicher fast gar nicht leuchtender Fleck oder Ring, während die ganze Röhre und besonders die Umgebung des Fleckes in blendendem grünem Lichte strahlt.

Nach längerem Gebrauch tritt eine Veränderung des Glases[2]) an der Stelle des dunklen Fleckes ein, dieselbe zeigt eine braune Farbe; es beginnen kleine Sprünge von ihr auszugehen, welche endlich die Röhre unbrauchbar machen.

Von einer solchen Röhre habe ich den Boden abgeschnitten und gemeinsam mit Herrn Professor DÖBNER untersucht. Unter dem Mikroskop erschien die Mitte des braunen Fleckes wie gerunzelt. Die braune Farbe blieb unter der Einwirkung von Kalilauge, concentrierter Salzsäure und Schwefelsäure unverändert, konnte also nicht etwa ein Belag von zerstäubtem Aluminium der Kathode sein. Vielmehr zeigt sich

---

[1]) Diese Substanz, welche ich Herrn Geh. Rath VOLHARD verdanke, ist gegen Kathodenstrahlen noch empfindlicher als Pentadecylparadolylketon, welches LENARD empfiehlt.

[2]) Meine Röhren bestanden aus Thüringer Glas.

nach dem Durchtrennen, dass die Veränderung sich in das Glas hinein erstreckte, indem dasselbe etwa auf 0,5 mm Tiefe deutlich violett gefärbt war. Herr Professor DÖBNER vermutet, dass dies mit Spuren von Mangan im Glase zusammenhängt.

Uebrigens lässt sich die veränderte Stelle des Glases nicht in der Gebläseflamme erweichen, sondern bleibt bröcklig.

6. Ausgangsstelle der RÖNTGEN-Strahlen. RÖNTGEN sagt in seiner vorläufigen Mitteilung unter 12) dass „die am stärksten fluorescierende Stelle der Wand des Entladungsapparates als Hauptausgangspunkt der nach allen Richtungen sich ausbreitenden Strahlen zu betrachten ist. Die Strahlen gehen somit von der Stelle aus, wo die Kathodenstrahlen die Glaswand treffen".

Um insbesondere die Rolle des „braunen Flecks" aufzuklären, habe ich (am 15. 16. und 19. März d. J.) einige Lochphotographien aufgenommen.

a) Gerade Röhre mit RbJ, Loch von 3 mm Durchmesser in Bleiplatte von 3 mm Dicke, photographische Platte („Lumière") und Röhre je 3 cm von Oeffnung entfernt. Photogramm: Fleck von etwa 12 mm Durchmesser, am dunkelsten an einer Stelle, welche dem Orte stärkster Kathodenstrahlen entsprach. Charakterisiert war diese durch intensive Blaufärbung des RbJ.

b) Gerade Glasröhre ohne Einlage. Anordnung wie oben. Auf dem Boden der Röhre brauner lichtloser Fleck von etwa 6 mm Durchmesser. Photogramm: kräftig geschwärzte Stelle von 11 mm Durchmesser, schwächerer Hof von 23 mm äusserem Durchmesser. Zu beachten ist, dass die seitlichen Teile des Röhrenbodens (33 mm Durchmesser) auch hätten einen Eindruck hinterlassen müssen, wenn sie RÖNTGEN-Strahlen von annähernd gleicher Stärke ausgesendet hätten[1]).

c) Birnförmige Röhre. Loch auf 4 mm erweitert und Ränder abgeschrägt. Abstand von Röhre und photographischer Platte je 5 cm. Auf dem Boden der Röhre brauner Ring von 19 mm innerem und 27 mm äusserem Durchmesser. Innerhalb ein besonders hell fluorescierendes Segment, ausserhalb ein heller Ring von etwa 8 cm Durchmesser. Photogramm: Geschwärzter Ring von 16 mm innerem, 29 mm

---

[1]) Man überzeugt sich davon leicht durch eine graphische Konstruktion.

äusserem Durchmesser. Schwächerer Hof von 56 mm äusserem Durchmesser. Das hell fluorescierende Segment hat keinen Eindruck hervorgebracht, ebensowenig der helle Kreis.

d) Wie unter c), nur ist ein Bleiplättchen von $9 \times 4,2$ mm an eine Stelle des dunklen Ringes angedrückt. Photogramm wie unter c), nur fehlt die Schwärzung an der dem Bleiplättchen entsprechenden Stelle.

Aus diesen Versuchen geht einerseits hervor, dass in der That die von den Kathodenstrahlen besonders stark getroffenen Stellen die Röntgen-Strahlen zum überwiegenden Teil aussenden.

Andererseits zeigt sich aber, dass die Erzeugung der Röntgen-Strahlen nicht an die optische Fluorescenz geknüpft ist und nicht mit ihr parallel verläuft.

Die Kathodenstrahlen verändern das Glas, sodass dieses die Fähigkeit zu fluorescieren verliert, trotzdem büssen diese veränderten Stellen ihre Erregbarkeit zur Aussendung der Röntgen-Strahlen nicht ein.[1]) Bewegt man, während eine ältere Röhre leuchtet, den Kopf so sieht man die Röhre braun nachleuchten, während frische Röhren grün phosphorescieren.

7. Brechung der Röntgen-Strahlen. Röntgen selbst konnte bei Wasser und Schwefelkohlenstoff keine Brechung feststellen; bei Hartgummi und Aluminium lag der Brechungscoeficient — wenn überhaupt eine Brechung stattfand — unter 1,05.

Am 22. Februar machte ich mit einem Glasprisma von $30,3^0$ folgenden Versuch: 2,5 cm vom Boden der „Röntgen-Lampe“ wurde ein Spectralspalt von 1,5 mm Weite mit dicken Messingschneiden aufgestellt in 6,5 cm Entfernung ein zweiter von gleicher Weite, an seine Rückseite lehnte sich mit einer Fläche das Prisma, ihn nur halb verdeckend, und endlich folgte 7,5 cm vom zweiten Spalt entfernt die photographische Platte. Erhalten wurde ein 3,7 cm langes Bild des freien Spaltes und ein 2,3 cm langes der durch das Prisma gegangenen Strahlen.

Dem Auge erschien der letztere Teil als lichtschwächere Fortsetzung des ersteren. Genauere Messungen, bei denen die Platte auf

---

[1]) Dass optische Fluorescenz zur Erzeugung der Röntgen-Strahlen nicht nötig ist, beweist Roiti (Rend. Ac. d. Lincei 1. März 1896, mir zugegangen am 18. März) durch Benutzung einer Glimmerplatte in der Röhre, welche nicht fluoresciert, aber Röntgen-Strahlen giebt.

ein Blatt Papier mit 2 parallelen Linien gelegt und der Abstand der Mitte des Bildes von diesen an äquidistanten Stellen gemessen wurde, ergaben eine Verschiebung um 0,1 mm nach dem dünnen Ende des Prismas. Dürfte man dieselbe der Brechung zuschreiben, so wäre der Brechungscoëfficient

$$1 - 1{,}0023.$$

Die Ablenkung ist aber wahrscheinlich auf die stärkere Absorption am dicken Ende des Prismas zurückzuführen.

Jedenfalls trägt der Versuch dazu bei, die Abweichung des Brechungscoëfficienten von der Einheit in engere Grenzen einzuschliessen.[1])

In beiden Teilen des Spaltbildes waren deutlich zwei dunklere Streifen im Abstande von 1,4 mm unterscheidbar. Ob diese Streifen, welche zuerst von Herrn Dr. KÜMMELL in Leipzig beobachtet sind, als eine Beugungserscheinung gedeutet werden dürfen, mag einstweilen dahingestellt bleiben.

---

[1]) **Zusatz während des Druckes.** Angeregt durch die Abhandlung von WINKELMANN und STRAUBEL (Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft XXX. Bd.) habe ich nach dem dort angewandten Verfahren (drei Prismen auf demselben Spalt in abwechselnder Lage) einen Versuch mit Ebonitprismen von 42,6°, 42,9°, 43,2° gemacht. Die sonstige Anordnung entsprach der oben beschriebenen, nur waren die Spalte 1 mm weit. Zur Bestimmung der gegenseitigen Lage der erhaltenen drei Bilder wurden zunächst auf einem Papierblatt mit einer Reissschiene zwei parallele Linien gezogen und dann nach Umwenden der Reissschiene unter Benutzung der gleichen Stellen derselben noch zwei Linien symmetrisch in etwas grösserem Abstande, die Platte wurde mit der Bildseite auf das Papier gelegt und an geeigneten Stellen die Mitte der drei Bilder auf jedes Linienpaar bezogen unter Benutzung eines horizontal gelegten Kathetometers mit Diopter. Man ersieht leicht, dass durch Anwendung der beiden Linienpaare Abweichungen der Reissschiene von der Geraden eliminiert werden.

Das mittlere Bild war um 0,013 mm im Sinne einer stärkeren Brechung verschoben; die Differenz lag also an der Grenze des Wahrnehmbaren; wollte man dieselbe der Brechung zuschreiben, so wäre der Brechungscoëfficient etwa 1,0001. RÖNTGEN lässt für denselben noch 1,05 als höchsten möglichen Wert zu.

Uebrigens habe ich mich durch einen besonderen Versuch, bei welchem zwei der Ebonitprismen mit zusammenstossenden brechenden Kanten auf der photographischen Platte lagen, überzeugt, dass die Absorption an den benutzten Stellen der Prismen nur äusserst gering war.

8. Polarisation der RÖNTGEN-Strahlen zu erzeugen ist mir trotz vieler Bemühungen nicht gelungen.

9. Zum Schluss mag noch bemerkt werden, dass ich die Zerstreuung positiver und negativer Elektricität durch RÖNTGEN-Strahlen nicht merklich verschieden fand.

Halle, 30. März 1896.

BEITRÄGE

ZUR NÄHEREN KENNTNIS DER

BRAUNKOHLENFLORA

DEUTSCHLANDS.

VON

D. H. R. v. SCHLECHTENDAL.

MIT 4 TAFELN UND 1 FIGUR IM TEXT.

In neuerer Zeit sind dem Halleschen Königlichen mineralogischen Museum zahlreiche interessante Pflanzenreste aus dem Braunkohlengebirge der Umgegend, wie aus weiterer Entfernung zugegangen, deren Bearbeitung mir überwiesen ist. Eine Bearbeitung des gesamten Materials nach Art gewisser neuerer Phytopalaeontologen ist nicht nach meinem Sinne, da es mir widerstrebt, zu einer von anderen Forschern aufgestellten Diagnose nur ein Verzeichnis der Synonyma zu geben, den Fundort hinzuzufügen und einige Abbildungen zu geben, ohne auch nur den Nachweis zu liefern, dass und weshalb in der dargestellten Pflanze die von jenem anderen Autor aufgestellte Art auch wirklich vorliege. Solche Arbeiten halte ich für nutzlos, sie bringen ein Haufwerk von Namen, von neuen Synonymen, anstatt zur Klärung unserer Kenntnis beizutragen. Es ist mir unbegreiflich, wie ein Verfasser in solcher Arbeit Befriedigung finden kann, aus welcher nur das eine Bestreben hervorleuchtet, möglichst viele Arten aufzufinden und möglichst viele Arbeiten von sich gedruckt zu sehen. Abbildungen erläutern wohl, doch sie ersetzen nicht das geschriebene Wort, denn selbst die vorzüglichsten geben nicht das wieder, was das bewaffnete Auge zu erschauen vermag und die Feder beschreiben kann und soll. Durch solche oberflächliche Arbeiten erwachsen aber dem, der Rücksicht auf sie zu nehmen hat, grosse Schwierigkeiten, die nur durch Vergleich von Originalen sicher gehoben werden können, wo diese Originale sich aber befinden und ob sie zugänglich sind, wird meisthin nicht angegeben.

In dem nachfolgenden gebe ich meine Untersuchungen in der Weise, wie sie erfolgt sind, wieder. Sie erstrecken sich nur über eine kleine Anzahl sehr verschiedenartiger Objekte aus verschiedenen Lagerstätten, doch bieten sie manches Interessante.

Aus dem Unteroligocaen von Schkopau sind es neue Funde *Pinus* und *Phoenix.* Aus dem Untermiocaen von Bitterfeld: *Pterocarya,* Blätter und Früchte; Fruchtzapfen von *Liquidambar*; von Schossnitz: *Pterocarya,* Blätter und Früchte; Fruchtkelche von *Porana*; Fruchtzapfen von *Liquidambar*; von Zschipkau: Frucht von *Liquidambar*?

Entgegen den oben angedeuteten Arbeiten ist mein Bestreben darauf gerichtet, nachzuweisen, dass die von mir untersuchten Pflanzenreste auch in Wahrheit den Pflanzen zugehören, für welche ich sie deute. Die Originale und Präparate finden sich an den jedesmal angegebenen Orten als solche bezeichnet in Verwahr. Die Abbildungen sind zum grössten Teil auf photographischem Wege hergestellt, und nur eine Tafel bringt Handzeichnungen, welche grösstenteils nur als Skizzen zum besseren Verständnis der Photogramme dienen sollen.

A. Unteroligocaen.

Aus dem Knollenstein von Schkopau, aus welchem von Nadelhölzern bisher nur Zweigfragmente von *Sequoia Couttsiae* bekannt waren, liegen Reste von einer Pinusart vor, und zu den von HEER als *Amesoneuron* beschriebenen Palmenresten andere, ergänzende Teile.

I. Das Auftreten von *Pinus* im Knollenstein zu Schkopau.

Pinus sp. von Schkopau, Taf. III, Fig. 1 a, b, c; Taf. VI, Fig. 1 a, b.

1. Männliches Blütenkätzchen, Taf. VI, Fig. 1 a, am Grunde von Bracteen umgeben, cylindrisch, ca. 25 mm lang, die Spindel in der Mitte verdickt, mit Narben der Staubblätter in Spiralstellung, und abgesetzt längsgestreift. Die Staubblätter, Fig. 1 b, spatelförmig am Spitzenrande aufgebogen, fein gestreift, Staubbeutel walzenförmig. Es liegen von diesem Blütenstande beide Gegenplatten vor und befinden sich in der hiesigen Sammlung.

2. Nadeln sind bisher nur in defektem Zustande gefunden und es ist nicht sicher, ob sie zu 3 oder 5 zusammengehören, da ihr Scheidenteil noch nicht vorliegt. Auf einer Platte, Taf. III, Fig. 1, liegen an verschiedenen Stellen, aa, bb, 1 c, solche Nadeln zu 3, 4 und 5 zusammen, oder durchsetzen das Gestein so, dass mir die Vermutung

nicht ungerechtfertigt erscheint, dass die Fünfzahl die richtige sei. In einer späteren Bearbeitung werde ich auf diese Funde zurückkommen, zumal auch von anderen Lagerstätten im Unteroligocaen hierher gehörende Reste in der Neuzeit aufgefunden worden sind.

II. Die Palmenreste des Knollensteins.

Das Auftreten von Palmen zur Zeit der unteroligocaenen Knollensteinbildung in der sächsischen Braunkohlenflora ist durch Heer nachgewiesen und später durch Friedrich bestätigt worden, doch sind ausser Stammteilen in den Braunkohlflötzen selbst, bisher nur Blattreste bekannt geworden. Erst in der jüngsten Zeit sind auch Teile von Fruchtständen aufgefunden worden, welche nur von Palmen herrühren können.

Als Palmenreste aus jenen Lagern wurden beschrieben:

1. *Amesoneuron plicatum* Heer, aus dem Knollenstein von Schkopau. Einzelne Bruchstücke von Blättern, deren Endigung wohl, deren Basis jedoch nicht bekannt sind. Heer, Beiträge zur näheren Kenntnis der sächs.-thüring. Braunkohlenflora, Taf. VII, Fig. 14 und 15. (Mineral. Mus. Halle.)

2. *Sabal major Ung.* sp. von Schortau bei Weissenfels und von Stedten. Friedrich, Beiträge zur Kenntnis d. Tertiärflora d. Provinz Sachsen, Taf. I, Fig. 1. Zwar unvollständige aber charakteristisch-wohlerhaltene Blätter. (Ebenda.)

3. *Chamaerops helvetica* Heer aus den Knollensteingeschieben von Nachterstedt. Friedrich a. a. O. Taf. II, Fig. 1. Hierzu rechne ich eine Fieder (Strahl) aus dem Knollenstein von Wörmlitz von 18 cm Länge mit deutlichem Mittelnerv und Andeutungen von Parallelnerven, am oberen Ende ist sie winkelig ausgeschnitten, etwa 7 mm breit, am Grunde misst sie 22 mm, die Seitenränder erscheinen einerseits aufwärts-, andererseits niedergebogen. (Ebenda.)

4. *Phoenicites borealis* Friedrich, von derselben Lagerstätte wie das vorerwähnte Fossil. Friedrich a. a. O. Taf. III. (Ebenda).

Ausser dem Original besitzt die Universitätssammlung vom gleichen Fundorte noch ein zweites Stück Knollensteins mit zahlreichen Abdrücken von Blattfragmenten, die Fiederstücke sind übereinander gelagert. Auf der Aussenseite dieses Knollensteingeschiebes findet sich

noch ein Abdruck, welcher ein gefaltetes Fiederblatt oder, wenn man lieber will, aneinander gelagerte Fiedern eines solchen darstellt, doch ist weder ein Blattstiel noch auch eine Spindel vorhanden oder auch nur angedeutet. Es ist demnach gewagt, diesen Abdruck zu deuten. Eine gewisse Aehnlichkeit findet sich jedoch mit einem von HEER, Flor. tert. d. Schweiz als *Manicaria formosa* bestimmten und abgebildeten Fossil, in welchem A. SCHENK schon nur ein unvollkommen entwickeltes Blatt einer Fiederpalme sieht, und für ein solches möchte ich auch den vorliegenden Abdruck von Nachterstedt halten.

In ziemlicher Regelmässigkeit wechseln tiefere und seichtere Furchen mit einander ab. Sieht man aber diesen Abdruck für ein unentwickeltes Blatt einer Fiederpalme an, dann dürfte es wohl keiner anderen Art als dem *Phoninicites borealis* angehören, ist dieses aber der Fall, so stehe ich auch nicht an, die Blattreste von Schkopau dazu zu stellen, mit denen dasselbe grosse Aehnlichkeit hat.

Aus neuester Zeit stammt ein weiterer Abdruck mit Gegenplatte aus dem Knollenstein von Wörmlitz bei Halle, zwar von wenig guter Erhaltung, welcher gleichfalls zu *Phoenicites borealis* zu stellen ist. Derselbe hat eine Länge von ca. 34 cm bei einer grössten Breite von ca. 9 cm, und stellt sich als der Teil eines noch unentwickelten Blattes dar, dessen Fiedern der gemeinsamen Spindel noch anliegen; die Entfernung der Fiedern von einander beträgt etwa 5 cm.

Einige Blattfetzen in dem Knollenstein von Stolzenhain lassen sich wohl mit HEER's *Amesoneuron* in Vergleich stellen, unsere besondere Beachtung aber verdient eine Knollensteinplatte, welche K. VON FRITSCH vor Jahren von Schkopau eingebracht hat und deren Photogramm die Tafel III zeigt.

Neben den vorerwähnten Nadeln einer *Pinus* (Fig. 1) liegen linker Hand zahlreiche, scheinbar knospentragende Zweige, Fig. 3 a, b, c, d, e, f und g, ausser welchen noch zahlreiche andere solche Zweige angedeutet sind, andere das Gestein in gleicher Richtung durchsetzen und auch auf der Rückseite der Platte fehlen solche nicht, sodass im ganzen etwa 20 derartiger Zweige vorhanden sind. In Fig. 2 sehen wir einen Abdruck, welcher nur auf die Blattfieder einer Palme gedeutet werden kann. Ausser den zwei Abdrücken von Laubblättern bemerken wir in Fig. 4 den Abdruck eines quergelagerten unbestimmbaren

Zweigstückes. Dieser Zweig veranlasste die richtige Deutung jener Zweige als Fruchtzweige einer *Phoenix*.

Es erscheint mir jetzt unbegreiflich, dass nicht ein Blick auf diese Abdrücke sofort die Ueberzeugung hervorrief, dass Fruchtzweige und keine mit Knospen besetzten Stengel hier vorlägen. Dem war aber nicht so.

Bei Untersuchung des Zweigstückes (Fig. 4) und besonders eines davon genommenen Abdruckes in Kitt zeigte sich, dass an der Stelle, wo die Zahl steht, der Zweig scheinbar mit einer Knospe abschloss, unter welcher deutlich sichtbar die Narbe des abgefallenen Blattes zu bemerken ist. Es war somit eine achselständige Knospe, denn der Zweig setzt sich darüber hinaus weiter fort.

Kittabdrücke von den zahlreichen Zweigen (Fig. 3) ergaben einen ganz anderen Befund. Zunächst stellte es sich heraus, dass die scheinbaren Knospen solche nicht sein konnten, wenigstens waren es keine achselsständigen, weil die Narbe des sie stützenden Blattes fehlte. Der Zweig war statt dessen an der Stelle verdickt, und ein schwach erhabener Kiel verlor sich abwärts an dem Stengel. Die knospenartigen Stellen aber zeigten durchaus kein knospenartiges Ansehen. Von einem deutlichen Ringwall umgrenzt stellte sich jene Verdickung als ein flaches Polster dar, aus welchem bei guter Erhaltung feine Spitzen (beim Kittabdruck) hervorragten, die sich im Original als eingestochene Punkte kundgaben. Diese Spitzen waren mit Gefässbündeln zu vergleichen, wie sie aus dem Stengel in andere Organe übertreten. Die Stengel selbst waren kantig, ungleich dick, gerieft und erschienen in ihrem Verlauf schwach hin- und hergebogen, welches besonders die Zweige a′ und c sehen lassen. Der Zweig a′ aber war in a mit dem Zweige a″ verbunden. Die Lage des Zweiges c liess vermuten, dass auch dieser nur ein Gabelast desselben Zweiges sei, dem widersprach auch f und g nicht. Vielleicht gehörten alle diese Zweige einem Ursprung an. Wenn es aber keine knospentragenden Zweige sein konnten, so waren es vielleicht Fruchtstände, und was lag näher, als sie für Fruchtzweige einer Palme, einer *Phoenix*, anzusehen. Der Vergleich mit solchen von *Phoenix dactylifera* war überzeugend, aber der linker Hand liegende Zweig a teilt sich in zwei Aeste a′ a″ unter spitzem Winkel, und doch zeigte ein grosser Fruchtstand der recenten

Palme nur einfache Stengel. Teilungen kommen nicht vor, wohl aber, wie mir P. MAGNUS in Berlin mitteilte, Verwachsungen; eine solche erhielt ich auch im botanischen Institut in Schöneberg, und der letzte Zweifel, dass die Fruchtzweige einer anderen Palmengattung angehören möchten, war beseitigt.

Plastische Abdrücke der fossilen zeigten mit den recenten Zweigen die gleichen Merkmale und umgekehrt glichen Abdrücke recenter Zweige den Abdrücken im Knollenstein vollkommen.

Die Abdrücke zeigen nur die Ansatzstellen der Früchte, diese selbst fehlen, ebenso aber auch ihre Kelche — nur bei Fig. 3d ist ein schwacher Eindruck bemerkbar, welcher sich allenfalls als ein Kelch deuten liesse, doch ist weder am Original, noch an einem Kittabdruck davon etwas deutliches zu erkennen. Aus der Thatsache, dass der Kelch der reif abfallenden Frucht zwar fest haften bleibt, jedoch nicht mit der Ansatzstelle unlöslich verwachsen ist, sondern sich von derselben unschwer durch seitlichen Druck entfernen lässt, geht hervor, dass diese Verbindung wohl durch Fäulnis gelöst wird, und die Kelche bei dem Verschwemmen und Verschlämmen der Zweige verloren gegangen sind. Ueberdies soll es öfter geschehen, dass junge Früchte unreif abfallen, und es ist zu vermuten, dass dann die Kelche mit abfallen.

Vergleichen wir die Ansatzstellen der Fruchtkelche bei der Dattelpalme mit denen an den Abdrücken aus dem Knollenstein, so ist ein wesentlicher Unterschied kaum aufzufinden, sobald man auf den Erhaltungszustand Bedacht nimmt.

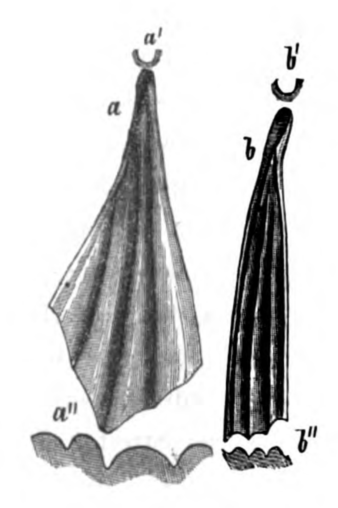
Auf derselben Platte liegt neben diesen Zweigen ein Blattfetzen, welcher im allgemeinen wohl das Aussehen von HEER's *Amesoneuron* zeigt, allein ich möchte ihn lieber für das Stück einer Fieder von *Phoenix* halten, da er mit dem Abdruck einer recenten Phoenixfieder von gleicher Breite ausserordentliche Aehnlichkeit zeigt.

Es ist wohl nicht anzunehmen, dass mehr als eine Fiederpalme unsere Gegend zur Zeit der Bildung des Unteroligocaens bewohnt habe, ich halte es daher nicht für unwahrscheinlich, dass die vorliegenden Funde von Schkopau mit HEER's *Amesoneuron plicatum* einerseits, andererseits aber mit FRIEDRICH's *Phoenicitis borealis* als zu einer Art gehörend zu betrachten sind und nun den Namen *Phoenix*

borealis Friedr. zu führen berechtigt sind. Durch diese Bezeichnung mit Nichtachtung des Prioritätsrechtes wird angedeutet, dass HEER's *Amesoneurum plicatum* immerhin nur fraglich hinzu gestellt worden ist.

Es ist wohl nicht zweifelhaft, welcher Anteil Blattorganen von dem Bau des *Amesoneurum plicatum* bei der Gattung *Phoenix* zufällt. Die lederigen Blütenscheiden sind angeblich netzadrig, diese kommen somit nicht in Betracht, dagegen möchte ich glauben, dass hier Entwickelungsblätter von Keimpflanzen vorliegen, sagt doch auch HEER bei Beschreibung des *Amesoneuron* ausdrücklich, dass die Objekte „wahrscheinlich Fiederstücke eines gefiederten Blattes darstellen, bei dem kleinen laufen nämlich über die Blattfläche zwei scharfe ziemlich tiefe Furchen, welche das Blatt in drei Felder teilen, jedes von 2‴ Breite, sie sind von äusserst zarten Längsstreifen durchzogen, von denen zwei mittlere etwas stärker sind und deutlicher hervortreten ...“ „An dem grossen Stück von $4^1/_2$″ Länge und 10‴ Breite sind am Grunde fünf solch tiefer Streifen aus je einer Doppellinie bestehend, vier laufen zur Spitze, der fünfte geht etwas früher aus. Das Blatt wird also in sechs Bänder geteilt, von denen die zwei mittleren je 2‴ Breite haben ...“

HEER stellte diese Blattreste in Vergleich zu den Fiedern einer Rotangpalme, und es ist nicht zu leugnen, dass sie einige Aehnlichkeit mit solchen, z. B. von *Desmoncus polyacanthus* haben. A. SCHENK sah darin nur unbestimmbare Reste.



Dem von HEER a. a. O. in Fig. 14 dargestellten Blatte fehlt die Spitze, doch gelang es mir, neben diesem Blatte, dessen Original vorliegt, die Spitze eines zweiten solchen Blattes frei zu legen (vgl. beistehenden Holzschnitt *a*, welcher das Original in zwei- bis dreimaliger Linearvergrösserung wiedergiebt, während *b* eine junge Blattspitze einer recenten *Phoenix* darstellt; die Figuren über und unter den Objekten geben die Durchschnittsprofile an), welche,

besonders wenn dieselbe im Kittabdruck verglichen wird, eine solche Uebereinstimmung mit der eines jungen Erstlingsblattes einer Keimpflanze von *Phoenix* zeigt, dass an der Deutung kaum noch zu zweifeln ist, und wir in *Amesoneuron plicatum* in Wahrheit Entwickelungsblätter einer *Phoenix* vor uns haben.

Diese Deutung gewinnt an Wahrscheinlichkeit durch näheren Vergleich beider Objekte. Bei den recenten Erstlingsblättern ist die Spitze verhärtet und verdickt, die Blätter zeigen sich längsgefaltet, und zwar verläuft die Mittelfalte in die Verdickung der Spitze, während die Seitenfalten unterhalb derselben sich ausspitzen. Diese jüngsten Blätter lassen eine Trennung oder Spaltung der Spreite in Fiedern noch nicht erkennen. Anders verhält sich die Sachlage bei den älteren Blättern von Keimpflanzen, mehr und mehr tritt das Bestreben der Teilung hervor. Schon bei dem vierten Blatte schwindet die Verdickung, die Falten durchsetzen dieselbe, und man erkennt das Ausgehen der äusseren Falten schon unterhalb der Spitze. Die Trennung der Fiedern erfolgt sowohl auf dem Rücken als in der Furche der Faltung, und es scheinen mir daher die hier auftretenden Doppellinien die vorgebildeten Trennungslinien anzudeuten.

Durch weitere Freilegung des Randes an dem Original zu HEER's *Amesoneuron* (Fig. 14) gelang es darzuthun, dass sechs tiefere Streifen am Grunde des Blattstückes bemerkbar sind, welche je aus einer Doppellinie bestehen, von denen rechter Hand zwei in den Rand ausgehen, vier aber nur scheinbar zur Spitze verlaufen, denn allem Anschein nach würden auch hier die beiden äusseren noch vor der Spitze enden; dass dem so sei, erhellt schon aus den Worten HEER's, dass von den „Bändern“ die zwei mittleren 2‴ Breite haben, also breiter sind als die übrigen, die gegen den Rand zu immer schmäler werden, weil sie früher sich auskeilen; danach würden höchstens drei Streifen die Spitze erreichen.

Die zwischen diesen Streifen liegenden „Bänder“ zeigen zunächst eine seichte Mittelfurche, zum Teil auch deren zwei, die wieder zum Teil als schwache Kiele hervortreten. Alle diese Mittellinien wie die Streifen halte ich für die Anlagen von Trennungs-Schlitzungslinien der Fiedern.

Bei den Erstlingsblättern der recenten *Phoenix* sind die Trennungslinien in der Faltenmitte noch nicht angedeutet, sie zeigen sich aber wie angegeben in den darauf folgenden mehr und mehr. Die Richtigeit meiner Deutung vorausgesetzt, so lägen nun von der nordischen Dattelpalme Fruchtzweige und Fiederblätter, diese aber in erwachsenem, gefaltetem und jugendlichem Zustande, wenn auch in Bruchstücken, vor. Es steht zu erwarten, dass auch noch die ledrig-holzigen Fruchtkelche vorkommen werden, vielleicht auch die Früchte. Stammteile aber und Blattstiele könnten wohl nur im günstigsten Falle in den Kohlenlagern selbst aufgefunden werden.

B. Untermiocaen.

1. *Pterocarya* KUNTH. Taf. IV, Fig. 1—4; V, Fig. 1—4; VI, Fig. 2—6, A, B.

Das Vorkommen dieser Gattung, welche gegenwärtig durch 4 oder 5 aussereuropäische Arten vertreten wird, ist nach SCHENK (ZITTEL, Handb. d. Palaeont., Bd. II, S. 445) für das Tertiär von Europa durch SAPORTA (Annal. d. sc. nat., Ser. V, t. 17), welcher Früchte von *Pterocarya fraxinifolia* (LAM.) SPACH in den Cineriten des Cantal in der Avergne nachwies, sicher gestellt. Es gewinnt dadurch auch die Deutung einer Frucht aus dem Tertiär Leobens, welche ETTINGSHAUSEN (Beiträge z. Kenntn. d. Tertiärflora Steiermarks, Taf. VI, Fig. 18) als *Pterocarya leobenensis* abgebildet aber nicht beschrieben hat, an Wahrscheinlichkeit. Anderweite Angaben über fossile *Pterocarya*-Früchte finden sich in der Litteratur nicht verzeichnet. Dagegen werden mehrfach Blätter beschrieben und abgebildet, deren Gestalt und Nervenverlauf mit denen von recenten *Pterocarya*-Arten viele Uebereinstimmungen zeigen, doch aber auch mit solchen von *Carya*.

Auch in den Thonen von Zschipkau fanden sich mehrere Blattstücke, welche wohl nur auf eine jener Gattungen bezogen werden können, zumal neben ähnlich gestalteten Blättern aus dem Braunkohlenthon von Bitterfeld Früchte gelagert sind, deren Zugehörigkeit zu *Pterocarya* nicht angezweifelt werden kann. Der Gestalt nach stimmen

unsere Früchte recht gut zu denen von *Pterocarya fraxinifolia,* doch sind ihre Flügel gleichmässiger ausgebreitet. Vgl. Taf. VI, Fig. A, 2a.

Diesen Früchten ähnliche Pflanzenreste finden sich mehrfach abgebildet, doch sind diese Abbildungen ohne Kenntnis der Originale nicht gut in Vergleich zu stellen, und es ist ihnen, meiner Ansicht nach, die Deutung zu belassen, welche ihnen die verschiedenen Autoren gegeben haben, wenn nicht zwingende Gründe vorliegen und der Beweis geführt werden kann, dass ein Irrtum begangen ist. Dennoch will ich nicht unterlassen auf einige der Abbildungen hinzuweisen.

Zunächst ist die grosse Aehnlichkeit unserer Früchte mit denen von *Paliurus* auffällig, besonders mit denen der recenten *P. aculeatus* LAM., dessen Vertreter in der arktischen Flora O. HEER in *Paliurus Thurmanni* gefunden hat. Die Gattung *Paliurus* findet sich, wenn auch nicht bei Bitterfeld, so doch erwiesenermassen in den Thonen von Zschipkau durch Blätter und Blüten vertreten. Somit lag es in der Möglichkeit, dass auch die schönen Flügelfrüchte von Bitterfeld einer *Paliurus*-Art angehören könnten, dennn die zwei in der Abbildung Taf. VI Fig. 2a mit xx bezeichneten diametral gegenüber liegenden Einbuchtungen, welche sich als scheinbar übereinander liegende Flügelenden faltenartig bis zur Nuss fortsetzen, konnten ebensowohl für zufällige Störungen gedeutet werden als für das, was sie in Wirklichkeit sind.

Eine genauere Untersuchung und Vergleichung der Fruchtflügel von *Paliurus* und *Pterocarya* ergab, dass beide sich sowohl in der Art und Weise der strahlig zum Rande verlaufenden Nerven, als auch, was gewichtiger ist, durch die Struktur der Oberhaut wesentlich von einander unterscheiden und dass, wenn es gelänge mikroskopische Präparate von den Kohlenresten der fossilen Flügel herzustellen, unzweifelhaft die Frage entschieden werden könnte, ob die Frucht zu *Paliurus* oder *Pterocarya* gehöre.

Die strahlig von der Frucht aus zum Rande verlaufenden Nerven sind in dem Flügel von *Paliurus* gleich fein, gleichmässig dick, sie gabeln sich mehrfach unter sehr spitzem Winkel, und die Zweige laufen mit den Stämmen parallel in den Rand oder verbinden sich hart am Rande camptodrom. Ausserdem sind sie nicht straff zu nennen. Die Oberhaut erscheint unter der Lupe gleichförmig, doch lässt sich

unter dem Mikroskop ein sehr zartes loses Maschennetz, welches von stärkeren Nerven durchzogen wird, erkennen.

Bei *Pterocarya* zeigt der Flügel gleichfalls sich gabelnde, zum Rande verlaufende Nerven, jedoch erfolgen die Gabelungen unter weniger spitzen Winkeln. Die Nerven stehen dadurch weniger dicht beisammen, und indem sie gegen die Spitzen sich verdünnen, laufen sie in den Rand aus oder verbinden sich am Rande; dabei erscheinen sie kräftiger und straffer. Anastomosen kommen hier wie dort vor. Diese Nerven liegen frei und durchlaufen die Oberhaut nicht. Die Oberhaut erscheint unter der Lupe sehr fein aber deutlich genetzt mit einzelnen grösseren Punkten, welche bei durchfallendem Lichte hell erscheinen. Unter dem Mikroskop (Taf. VI, Fig. 4b) stellen sich diese Punkte als kreisrunde Oeldrüsen dar, welche von einem grobmaschigen, von starken Nerven gebildeten Netz umgeben und durchsetzt sind; im Centrum aber erscheint eine lichte Stelle als centraler Intercellularraum, in welchem sich das Oel sammelt. Die Untersuchung von Kohlenresten des Flügels der fossilen Frucht ergab nun gleichfalls (vgl. Taf. VI, Fig. 4a) ein grobes Netz, gebildet aus verhältnismässig starken Nerven, welche jedoch hier, da die ganze Dicke des Flügels zur Ansicht kam, durch Uebereinanderlagerung der verschiedenen Zellschichten weniger Regelmässigkeit in der Anordnung zeigten und vielfach zerrissen waren, aber sie umgaben einen rundlichen Körper, der jedoch, trotz seiner wenig erhellten Kohlensubstanz deutlich das Vorhandensein von durchziehenden Nerven zeigte.

Um jedoch die Gewissheit zu erlangen, dass hinsichtlich des günstigen Resultats keine Täuschung vorliege, und etwa ein Teilchen eines recenten Flügels in das Lösungsmittel durch Zufall geraten sei, wurde mit aller Vorsicht der Versuch wiederholt. Nach 24stündiger Einwirkung von rauchender Salpetersäure auf die demselben Flügel entnommenen Kohlenteilchen war, entgegen dem ersten Versuch, die Maceration nur unvollkommen erfolgt, aber nach Verlauf von weiteren 24 Stunden fanden sich feine Partien in der Salpetersäure schwimmend, welche ausgesüsst und unter das Mikroskop gebracht wiederum ein gleiches Zellgewebe zeigte, welches in gleicher Weise einen dunklen rundlichen Körper einschloss, mit denselben Eigentümlichkeiten wie sie am ersten Präparat beobachtet wurden. Diesen Körper halte ich

demnach für keine Zufälligkeit, sondern für eine Oeldrüse. Diese beiden Präparate werden in der Sammlung als Beleg aufbewahrt. Andere unserer *Pterocarya*-Frucht ähnliche Gebilde finden sich unter verschiedener Deutung, so bildet GOEPPERT in der tertiären Flora von Schossnitz (Taf. XXVI in Fig. 47) unter der Bezeichnung „*Cotyledon*" einen Pflanzenteil ab, von welchem er im Text S. 40 schreibt: „Fig. 47 (ähnelt) einer *Cupula,* vielleicht zu Taf. V Fig. 8 gehörend" [diese Fig. stellt jenes Fossil dar, welches auf Taf. V in Fig. 6ab und Taf. VI in Fig. 9 und 10 wiedergegeben ist].

Diese Fig. 47 hat viel Aehnlichkeit mit der *Pterocarya*-Frucht von Bitterfeld, und ich sehe darin ein Stück eines Fruchtflügels, jedoch einer von der Bitterfelder verschiedenen *Pterocarya*-Art. Die ausstrahlenden Nerven sind (wenigstens der Zeichnung nach) reichlicher verzweigt, der Flügel breiter und weniger kreisförmig.

Würde sich durch spätere Untersuchung herausstellen, dass die *Cotyledon* oder *Copula* von Schossnitz der Fruchtflügel einer *Pterocarya* sei, dann würden sich vielleicht auch die bei SCHIMPER als *species dubiae* angeführten Arten von GOEPPERT: *Salix lingulata* und *castaneaefolia* von Schossnitz als zu *Pterocarya* gehörig erweisen.

Es sei jedoch noch darauf hingewiesen, dass O. HEER (Tertiäre Flora der Schweiz III, p. 64) sagt: „Das von GOEPPERT ... abgebildete Stück (das als *Colyledon* gedeutet) ist wahrscheinlich auch ein Fruchtflügel der vorliegenden Art (sc. *Dodonaea pteleaefolia* HEER), welche mit der indischen *D. viscosa* L. verglichen werden kann, indessen ein weit kleineres Fruchtgehäuse hat".

Der Fruchtflügel, welcher hier allein in Betracht kommt, ist a. a. O. auf Taf. CXXI in Fig. 12 dargestellt; HEER giebt davon an: „an demselben ist die Nervation sehr wohl erhalten; die Nerven laufen vom Fruchtgehäuse strahlenförmig zum Rand und sind gabelig geteilt". Ob HEER das Original untersucht oder nur die Abbildung ihm vorgelegen hat, geht aus dieser Bemerkung nicht hervor.

Auch in den Thonen von Zschipkau liegen *Pterocarya*-ähnliche Blätter, welche jedoch ebensogut einer *Carya* oder *Juglans* angehören können, und ich sehe davon ab, dieselben zu *Pterocarya* zu stellen, so lange von dorther keine Flügelfrüchte bekannt geworden sind.

Soweit waren meine Untersuchungen gediehen, als mir durch das

überaus freundliche Entgegenkommen des derzeitigen Direktors der palaeontologischen Abteilung der Königlichen Universitätssammlungen in Breslau, Herrn Professor Dr. FRECH, ermöglicht wurde, nicht nur die Originalstücke zu den Abbildungen der tertiären Flora von Schossnitz, soweit solche noch aufzufinden waren, sondern das gesamte Untersuchungsmaterial GOEPPERT's durchzusehen und zu studieren.

Die Durchsicht des sehr umfangreichen Materials lieferte mir am ersten Tage schon den Beweis, dass die Gattung *Pterocarya* in den Schichten von Schossnitz vertreten sei, indem es mir gelang, eine unzweifelhaft dahin gehörende Flügelfrucht freizulegen, welche viel Aehnlichkeit mit den Früchten der recenten *Pt. caucasica* zeigt, diese jedoch an Grösse übertrifft. Das Auffinden dieser Frucht, welcher bald darauf eine zweite noch grössere sich anschloss, deutet darauf hin, dass meine Vermutung nicht irrig sei, und beweist gleichzeitig, dass die *Pterocarya* von Schossnitz einer anderen Art angehöre als die von Bitterfeld, denn bei der Bitterfelder Art umgiebt der Flügel die Frucht in annähernd gleicher Breite ringsum, bei der Schossnitzer Art dagegen breitet sich jederseits ein dem anderen Teile ähnlicher aber ungleicher Flügel aus, welche beide durch eine tiefe Ausbuchtung von einander getrennt sind. Ebenso abweichend erscheint auch die Gestalt der Nuss. Ferner ergab sich auch, dass das in Fig. 18 auf Taf. XVIII der Tertiärflora von Schossnitz dargestellte Blatt, bei dem es überdies noch gelang, einen grossen Teil der dazugehörigen Blattspindel freizulegen, ganz unzweifelhaft das Terminalblatt einer *Pterocaria* sei, für welche der ihr gegebene Name *Pterocarya* (*Salix*) *castaneaefolia* (GOEPPERT) beizubehalten ist. Zu diesem gehören dann als Seitenfiedern die daselbst abgebildeten Blätter Fig. 15 und 16 (*Salix lingulata*); ausgeschlossen aber muss Fig. 17 werden, da dieser Blattfetzen zu *Liquidambar* gehört.

Gleichzeitig aber ergiebt es sich, dass die neu aufgefundenen Pterocaryafrüchte keine Aehnlichkeit mit der vielgenannten Fig. 47 der Tafel XXVI haben, so dass die Möglichkeit vorliegt, dass eine zweite Pterocaryaart in der Miocaenzeit bei Schossnitz aufgetreten sei und dass dann auch die Deutung ENGELHARDT's an Wahrscheinlichkeit gewinnen würde. Leider sind die Originale zu diesen beiden Figuren nicht zum Vorschein gekommen. Ich werde bei Ueberarbeitung

der GOEPPERT'schen Tertiären Flora von Schossnitz darauf zurückkommen.

Wohl nicht ohne triftigen Grund hat GOEPPERT a. a. O. S. 27 die drei als neue Arten aufgestellten Blätter unter der Bezeichnung *Salix castaneaefolia, lingulata* und *inaequilatera* an das Ende seiner Weidenarten versetzt, denn, obwohl er überzeugt war, Blätter von Weiden vor sich zu haben, sagt er doch bei *castaneaefolia*: „Weicht von den übrigen Arten durch die schwach hin- und hergebogenen Nerven, welche schon bald nach der Hälfte ihres Verlaufs Netze bilden, sehr ab. Unter den jetzt weltlichen ist mir eine ähnliche nicht bekannt." Von *lingulata* heisst es danach: „Aehnlich der vorigen, aber abweichend durch die zugerundete Basis und den mit kleinen sehr genäherten Sägezähnen besetzten Rand des Blattes". Endlich heisst es bei der angeblich dritten Art: „Blätter noch am Stengel befestigt, abweichend durch die ungleiche oder schiefe Beschaffenheit der Basis, wie sie unter den jetzt weltlichen Arten bei *Salix purpurea* und *S. myricoides* MÜHLENB. oft angetroffen wird."

Die Abbildung zeigt ein unpaarig gefiedertes Blatt, welches mit einem gestielten gleichseitigem Blatte abschliesst. Axillarknospen in den Blattachseln fehlen ebenso wie eine den Zweig abschliessende Terminalknospe.

Auch auf Taf. XII findet sich in Fig. 8 ein Fossil als Zweig dargestellt, welches meiner Ansicht nach aus den gleichen Gründen nicht ein solcher sein kann, wenn auch dem obersten Seitenfieder eine Achselknospe eingezeichnet ist. Auch hier haben wir Blätter mit schiefer, und als Abschluss ein Blatt mit keilförmiger Basis. Auf Seite 33 des Textes finden wir dieses Blatt als *Zelkova emarginata* bezeichnet, während die Abbildung die Unterschrift *Planera em.* zeigt. „Form der Blätter," sagt GÖPPERT, „und des Randes scheinen mir hinreichend, um diese Art von der vorigen (d. i. *Zelkova Ungeri* KOV.) zu trennen." In der Diagnose heisst es: *Z. fol. alternis sessilibus basi inaequalibus* u. s. w. O. HEER (Tertiäre Flor. der Schweiz II, S. 61 u. 64) führt ebenfalls ein Fossil als *Planera emarginata* aus der Insektenschicht von Oeningen an und vergleicht es mit der GOEPPERT'-schen Art von Schossnitz: „Die von GOEPPERT abgebildeten Blätter sind zwar einfach gesägt, allein die Zähne sind sonst wie bei unserm

Blatt gebildet, und da auch die Form sehr wohl mit unserm übereinstimmt, glaube ich das Oeninger Blatt mit denen von Schossnitz zusammenbringen zu dürfen, obwohl es mit einem kurzen Stiel versehen ist, der diesen fehlt."

Infolgedessen beginnt HEER's Diagnose der Art: „*P. foliis breviter petiolatis, basi inaequalibus*" u. s. w. Diese Angaben hat SCHIMPER a. a. O. II, S. 715 unbeanstandet aufgenommen.

Die Form, finde ich, stimmt bei beiden Blättern keineswegs überein, beide sind zwar am Grunde ungleich, aber diese Ungleichseitigkeit hat bei *Planera emarginata* H. eine Form, wie sie bei der Gattung *Ulmus* z. B. sehr häufig gefunden wird, während dieselbe bei *Planera emarginata* GOEPP. durchaus der Art ist, wie sie bei gefiederten Blättern, zumal bei sitzenden Seitenfiedern überaus häufig auftritt.

Aus diesem Grunde halte ich den beblätterten Zweig für ein zusammengesetztes, gefiedertes Blatt. Diese Annahme wird überdies durch den Axenteil wahrscheinlicher. Ein Zweig, zumal von *Planera,* wird niemals eine so gestreckte Gestalt haben, noch in solcher Weise am Ende abschliessen. Eine Untersuchung des Originals wäre erwünscht, und nur solche kann in diesem Punkte Klarheit bringen. Das Original dazu aber fehlt noch.

Bereits im Jahre 1870 hat H. ENGELHARDT, Flora der Braunkohlenformation im Königreich Sachsen (Preisschrift der Fürstl. Jablonowsky'schen Gesellschaft XVI) Seite 24, *Salix inaequilatera* als gefiedertes Blatt erkannt und als Synonym zu Blattresten aus der Braunkohle von Seifhennersdorf, welche er auf *Pterocarya denticulata* (WEBER) HEER bezieht, gestellt.

Später, 1885, beschrieb derselbe Autor, Tertiärflora des Jesuitengrabens bei Kundratitz in Nordböhmen (Nova Acta Bd. XLVIII No. 3 [Sa], pag. 363 [67]) unter gleichem Namen andere Blattreste mit Hinweis auf obige Arbeit und dieselbe Synonymen, und bildet auf Taf. XXIV (17), Fig. 8, 12 und Taf. XXV (18), Fig. 7, 11 diese ab. Auch 1891 finden wir ähnliche Blattreste als zu *Pterocarya denticulata* (WEBER) gehörig in einer Arbeit: Ueber die Flora der über den Braunkohlen befindlichen Tertiärschichten von Dux (Nova Acta Bd. LVII No. 3, pag. 193 [65]), aus dem Brandschiefer von Schellenken ohne weitere Citate auf eigene Arbeiten, nur von HEER, ETTINGSHAUSEN

und WEBER, aufgeführt. Der Text bringt nichts neues; die Abbildungen auf Taf. XVII (14), Fig. 15, 17 zeigen, dass die Blätter mit denen von Kundratitz übereinstimmen.

Der Autor verrät auch hier nicht, inwiefern diese Blätter Aehnlichkeit mit der von WEBER aufgestellten Art haben, noch viel weniger weist er nach, worin dieselbe bezüglich der GOEPPERT'schen als *Salix inaequilatera* bestehe. Nach meiner Ansicht liegt durchaus kein Grund vor, die Blätter auf *Pterocarya denticulata* (WEBER) HEER zu beziehen, ebensowenig auf die von Rott, als auf die von den Hohen Rhonen durch HEER beschriebenen. Die Secundärnerven entspringen unter zu spitzem Winkel und gabeln sich ebenfalls unter spitzen Winkeln, hierdurch unterscheiden sie sich sowohl von der Darstellung HEER's als von der der *Salix inaequilatera.* Aber auch die Blätter von Seifhennersdorf gehören sicher nicht zu HEER's *Pterocarya,* noch weniger aber zu GOEPPERT's *Salix.* Die Randzähne sollen dem Texte nach zwar scharf sein, die Zeichnung aber entspricht dem nicht, und besonders das in Fig. 8 dargestellte Blatt ist von der Fig. 1 (*Juglans bilinica*) nicht zu unterscheiden, nur ist dieses letztere etwas weniger sichelförmig gekrümmt, und etwas breiter, infolgedessen die Sekundärnerven unter etwas offneren Winkeln austreten. Ohne Kenntnis der Originale jedoch ist über die Zugehörigkeit derselben nicht zu rechten. Dies beiläufig.

SCHIMPER führt in seinem Traité de Paléontologie végétale III, pag. 260—262 als zur Gattung *Pterocarya* gehörig folgende 6 Arten auf:

1. *Pteroc. denticulata* (O. WEBER) HEER (*Juglans dent.* O. WEBER); HEER vergleicht die Blätter mit *Pt. caucasica.*

2. *Pteroc. Haidingeri* ETTINGSH., deren Blätter ETTINGSH. ebenfalls mit *Pt. caucasica* vergleicht.

3. *Pteroc. Massalongi* GAUD. Auch diese Blätter werden mit *Pt. caucasica* in Vergleich gestellt.

4. *Pteroc. leobenensis* ETTINGSH. Blätter und Frucht.

5. *Pteroc. Heerii* (ETTINGSH.) SCHIMPER, von ETTINGSH. als *Juglans* beschrieben.

6. *Pteroc. radobojana* ETTINGSH.

Von diesen sechs Arten finden wir jedoch: 1. *Pterocarya Haidingeri* ETTINGSH. p. 244 mit demselben Citat (Foss. Fl. v. Wien, p. 24, tab. V, f. 4) als synonym zu *Juglans bilinica* UNG. wieder.

2. *Pterocarya denticulata* (O. WEB.) HEER auf S. 255, No. 3 als *Carya denticulata* (O. WEB.) SCHIMPER ebenfalls mit gleichem Citat: Palaeont. II, p. 211, tab. XXIII, fig. 10.

3. *Pterocarya Heerii* (ETTINGSH.) SCHIMPER auf S. 254 als *Carya Heerii* (ETTINGSH.) HEER aufgeführt.

Somit verbleiben nach SCHIMPER nur *Pter. Massalongi, leobenensis* und *radobojana* als zu *Pterocarya* gehörend übrig, obwohl seiner Ueberzeugung nach auch *Juglans Heerii* ETTINGSH., welche HEER für eine *Carya* ansieht, zu *Pterocarya* gehört, doch mit dem alleinigen Hinweis auf die fossile Flora von Tokay tab. II, fig. 5—7.

Die Blätter, welche GAUDIN als *Pteroc. Massalongi* beschreibt, gehören dem Ober- oder Mittelmiocaen an und unterscheiden sich durch ihre Gestalt sowohl, wie durch die Bezahnung des Blattrandes wesentlich von denen von Bitterfeld, es kann daher von jener Art abgesehen werden. Ebenso schliesst sich *Pt. leobenensis* ETTINGSH. durch die lederigen Blätter aus. *Pt. radobojana* ETTINGSH. ist gleichfalls durch die Gestalt der Blätter verschieden, welche gegen die Spitze weniger verschmälert, am Grunde aber mehr oder weniger schief ausgerandet sind, während die von Bitterfeld nur schief zugerundet sind und sich gegen die Spitze stark verschmälern.

Berücksichtigt man noch die anderen andererseits als *Pterocarya* angezweifelten Arten, so unterscheidet sich *Pt. Heerii* (ETTINGSH.) SCHIMPER durch die Blattform und Bezahnung der Blätter ebenso wie durch den sehr starken Mittelnerv und den Nervenverlauf.

Pt. Haidingeri ETTINGSH. ist wohl mit Recht an *Juglans bilinica* UNG. als synonym verwiesen. Mit unseren Blättern hat es keinerlei Aehnlichkeit. Am meisten ähneln diese noch den von HEER als *Pt. denticulata* (O. WEB.) bestimmten Blättern von Hohe Rhonen, doch ist auch hier die Gestalt der Blätter, wie ihre Randzähne und der Nervenverlauf anders beschaffen.

Die beiden durch das gleichzeitige Vorkommen von Früchten und Blättern in denselben Schichten einigermassen gesicherten Arten sind:

1. *Pterocarya cyclocarpa* n. sp. von Bitterfeld, Taf. IV, Fig. 1 bis 3; Taf. VI, Fig. 2, 3. Vgl. mit *Pterocarya fraxinifolia* (LAM.) SPACH. Taf. VI, Fig. A, nach ENGLER, Die natürl. Pflanzenfamilien, 14. Lief., S. 23, Fig. 20 C l.

Flügelfrucht annähernd kreisrund; Nuss kissenförmig umgeben von zwei annähernd halbkreisförmigen, wellig gerandeten, von zahlreichen strahlenartig verlaufenden, verzweigten Nerven durchzogenen Flügeln, welche mit ihren Enden zusammenstossend, am Rande durch diametral gegenüberliegende Einbuchtungen (vgl. Taf. IV, Fig. 1 a, b und Taf. VI, Fig. 2 a, xx) getrennt erscheinen.

Blatt gefiedert; Blättchen länglich ungleichseitig sitzend; Randzähne zugespitzt, nach vorn gerichtet, nicht sonderlich dicht. Mittelnerv schwach sichelförmig gekrümmt. Sekundärnerven unter spitzen bis nahezu rechten Winkeln austretend, verbinden sich, im Bogen gegen den Rand aufsteigend, durch Austritt eines Tertiärnerven oder Gabelung unter annähernd rechtem Winkel mit dem vorhergehenden Sekundärnerven camptodrom. Von den längs des Randes verlaufenden Camptodromien aus treten Nerven in die Randzähne (Taf. VI, Fig. 3). Queranastomosen, nur wenig von den feineren Nervillen unterschieden, treten unter annähernd rechten Winkeln aus, sie sind selten gerade, meistens bogig oder geknickt und verzweigt; sie bilden mit den Nervillen annähernd rechteckige Felder, welche in noch kleinere Maschen zerlegt werden. Unvollständige Sekundärnerven sind häufig.

Zwei Thonplatten, welche auf Taf. IV photographisch dargestellt sind, zeigen von dieser durch die Flügelfrucht ausgezeichneten Art alles, was zur Zeit aufgefunden ist; die Gegenplatten dazu fehlen.

Blätter, welche jedenfalls einer *Juglandacee* angehören, Fig. 2, 2a und 3, liegen neben Flügelfrüchten, Fig. 1, 1 a und 1 b, c, einer *Pterocarya,* somit liegt die Vermutung nahe, dass diese Früchte und Blätter derselben Art angehören möchten. Es sind auf jeder Platte zwei Blattfetzen und auf der einen eine ziemlich vollständige Flügelnuss, Fig. 1, und zwei Bruchstücke solcher, von denen jedoch nur das besser erhaltene in Fig. 1 b dargestellt ist. Dieser Abdruck ist durch die Erhaltung der Nuss ausgezeichnet, welche daneben in dem Gläschen 1 c isoliert ist. Diese Nuss ist durchaus anders gebildet als die der *Pterocarya* von Schossnitz; sie ist kissenförmig und erscheint nach der

entgegengesetzten Seite (vgl. Taf. VI, Fig. 2c und 2d) in eine stumpfe Spitze, welche excentrisch steht, auszulaufen; von dieser Spitze befindet sich ein Abdruck in Fig. 2bx; wie Fig. 2c andeutet, erscheint diese Nuss als aus aneinandergelagerten, rundlich keilförmigen und gewölbten Teilchen zusammengesetzt zu sein, was jedoch nicht der Fall ist, obgleich sie in diesem verkohlten Zustande die Neigung zeigt nach den Abteilungen auseinander zu fallen. Die Photogramme zeigen die natürliche Grösse.

Der Fruchtflügel umschliesst die Frucht nach allen Seiten gleichförmig sich ausbreitend, doch deuten zwei einander gegenüberliegende Lücken in demselben darauf hin, dass hier der Flügel durch Einschnitte unterbrochen sei, wie dieses in der Skizze auf Taf. VI, Fig. 2a durch xx angedeutet ist, ähnlich wie bei der Flügelfrucht von *Pterocarya fraxinifolia* Spach. Fig. A (nach Engler) mit welcher die Bitterfelder Art zu vergleichen ist. Der Flügel erscheint etwas uneben und zeigt einen zartwelligen Rand, von der Nuss aus verlaufen zahlreiche sich unter spitzen Winkeln gabelnde und durch die Gabeläste sich verbindende Nerven radial gegen den Rand. An der von dem Flügel eingeschlossenen Fläche ist bei Fig. 1 der Taf. IV die Gestalt der Nuss nicht mehr erkennbar, wie auch die innere Grenze des Flügels verwischt ist, nach den beiden anderen Abdrücken Fig. 1a und 1b erscheint der Flügel weit breiter, weil hier die Nuss mehr oder weniger angedeutet ist. Die Frucht Fig. 1b scheint die Annahme zu rechtfertigen, dass der Flügel nicht ununterbrochen die Nuss umgiebt, sondern zweiteilig sei.

Von den Blättern sind nur zwei Stück zu betrachten; von beiden fehlt die Spitze und von einem überdies die Basis (Fig. 3). Es erscheint mir nicht ausgeschlossen, dass dieses Blatt nicht hierher gehöre, wogegen das mit Fig. 2 bezeichnete Blattstück unzweifelhaft einer *Pterocarya* angehört und mit einem Blattfetzen übereinstimmt, der in Fig. 2a zu sehen ist und die Spitze eines Blättchens darstellt. Das Blättchen Fig. 2, eine Seitenfieder, ist sitzend, ungleichseitig mit schief abgerundeter Basis. Der Nervenverlauf ist dem der Pterocaryablätter gleich, unvollständige Sekundärnerven verbinden sich mit den Queranastomosen. Randzähne treten erst am Ende des dritten Sekundärnerv deutlich hervor (vgl. auch Taf. VI, Fig. 3). Der Nervenverlauf ist auf den beigegebenen, auf photographischem Wege hergestellten

Objekten mittelst Lupe besser zu verstehen, als das geschriebene Wort auszudrücken vermag. Es sei daher auf jene verwiesen als der natürlichsten Wiedergabe der betreffenden Originale (Min. Mus. Halle).

2. *Pterocarya castaneaefolia* GOEPP. sp., Taf. V, Fig. 1, 2, 3 a, b; Taf. VI, Fig. 5 a, b, 6 a, b.

Syn. *Salix castaneaefolia* GOEPPERT. Tertiäre Flora von Schossnitz, p. 27, Taf. XVIII, Fig. 18.

Salix lingulata GOEPPERT ebenda Fig. 15, 16.

Vgl. *Pterocarya caucasica* KUNTH. Taf. IV, Fig. 4; V, Fig. 4; VI, Fig. B.

Flügelfrucht quer; Nuss zugespitzt, gekielt, von einem nach zwei Seiten hin ungleich ausgebreiteten, einseitig durch eine Einbuchtung unterbrochenen Flügel umgeben, die strahlig von der Nuss auslaufenden Nerven sind wiederholt gegabelt und verbinden sich am schwachwelligen Rande camptodrom. Taf. V, Fig. 3 a, b; VI, Fig. 5 a, b.

Blatt unpaarig gefiedert.

Nach GOEPPERT: *Foliolis oblongis acutis penninerviis, nervis angulo subrecto egredientibus adscendentibus flexuosis marginem versus reticulatis: Foliolis petiolatis utrinque acutis, remote et acute dentatis* d. i. *Salix castaneaefolia* (als Endfieder, Taf. V, Fig. 1), Flor. v. Schossn. Taf. XVIII, Fig. 18. *Foliolis basi rotundatis, serrulatis* d. i. *Salix lingulata* (als Seitenfieder, Taf. V, Fig. 2), Flor. v. Schossnitz Taf. XVIII, Fig. 15, 16. „Weicht von den übrigen (Salix-)Arten durch die schwach hin- und hergebogenen Nerven, welche schon bald nach der Hälfte ihres Verlaufs Netze bilden, sehr ab.“

Der Nervenverlauf der Blätter hat durch schlechte Aufbewahrung an Deutlichkeit viel eingebüsst, lässt sich aber in den Photogrammen noch mit der Lupe ziemlich gut erkennen; einen Teil des auf Taf. V, Fig. 1 wiedergegeben Blattes habe ich in Fig. 6 a der VI. Tafel vergrössert darzustellen versucht. Fig. 6 b ebenda stellt die Randzahnung der anderen Seite desselben Blattes dar. Bei genauerer Betrachtung des von mir nachträglich freigelegten Blattspindel-Teiles von Fig. 1, Taf. V bemerkt man, dass an zwei mit XX bezeichneten Stellen es den Anschein hat, als ob daselbst Seitenfiedern gesessen hätten, indem die Streifung, welche die Spindel zeigt, hier nach aussen abgelenkt erscheint.

Die Flügelfrucht hat ganz die Gestalt der von *Pt. caucasica,* übertrifft dieselbe jedoch bedeutend an Grösse, denn sie misst in ihrer Ausdehnung bis 31 mm, während die recente Frucht höchstens 20 mm hat. Besonders ist die Gestalt der Nuss in dem kleineren Exemplar vortrefflich zu erkennen (Fig. 3b), während die Ausbreitung der Flügel und der Verlauf der Nerven Fig. 3a vorzüglich deutlich zeigt. Bei Fig. 3b ist in der Ausbuchtung (besser erkennbar in Fig. 5a der VI. Tafel) bei x ein kleines vorragendes Spitzchen zu erkennen, welches der Spitze der Nuss gegenüber liegt. Solches Läppchen findet sich an der gleichen Stelle auch bei *Pt. caucasica* stets über dem Anheftungspunkte der Nuss (Min. Mus. Breslau).

Liquidambar europaeum Al. Braun.

1. Schossnitz. Taf. V und VI, Fig. 7.

Unter dem Namen *Steinhauera subglobosa* Pressl. beschreibt Goeppert ein Fossil auf Seite 8 seiner Flora von Schossnitz ohne dasselbe bildlich dargestellt zu haben. Ich zweifele an dem Vorkommen jener unteroligocänen Art in den Thonen von Schossnitz, und dieses um so mehr, als sich unter den Abdrücken, welche aus dieser Lagerstätte von Goeppert bestimmt und mit Zettel versehen sind, eine Frucht vorfand, deren Zettel die Bezeichnungen trägt: „*Steinhauera subglobosa* Pressl.“ und den späteren Zusatz „*Glyptostrobus fr.*“ ebenfalls von Goeppert's Hand. Auf Seite 8 aber heisst es: „.... deren Zapfenschuppen sich von der Achse lösen und dann an der letzteren eine rundliche Narbe zurück lassen, wie ich dies auch an dem einzigen bis jetzt in Schossnitz aufgefundenen Exemplare gesehen habe. Samen vermochte ich hier nicht zu unterscheiden.“

Auf Tafel V gebe ich von dem obenerwähnten Fossil in Fig. 7 ein Photogramm und habe auf Tafel VI in Fig. 7 einen Teil desselben Stückes in doppelter Linearvergrösserung schematisch wiederzugeben versucht. Die zusammen gelagerten Früchtchen zeigen die der Achse zugekehrten Enden frei, in diesen sah Goeppert offenbar die rundlichen Narben, welche nach dem Entfallen der Fruchtschuppen an der Achse zurück bleiben. Unverständlich aber ist es, dass die ringsum ausstrahlenden schnabelartigen verholzten Griffel, obwohl sie zum Teil zu seiner Zeit schon frei gelegt sein mussten, ausseracht gelassen

wurden, und doch sind dieselben denen der recenten Fruchtzapfen so ausserordentlich ähnlich. Nachträglich gelang es mir noch einige mehr frei zu legen (Coll. Breslau).

Das Original zu der von GOEPPERT auf Taf. XII in Fig. 7 dargestellten *Liquidambar*-Frucht fehlt leider noch.

2. Bitterfeld. Taf. V, Fig. 8a b.

In einem dunkelgrauen Thone liegen zahlreiche Fruchtzapfen von 15—20 mm Durchmesser in Braunkohle verwandelt; sie haben die Gestalt wie die, welche LUDWIG im VIII. Band der Palaeontographica Taf. XV, Fig. 6 von Roxberg dargestellt hat, jedoch zeigen die Zapfen von Bitterfeld noch deutlich die schnabelartig überragenden Griffel (Taf. V, Fig. 8b am oberen Zapfen). Von *Alnus*-Zapfen unterscheiden sie sich, auch wenn die Griffel fehlen, durch den Mangel einer holzigen Achse, wie durch die Textur der Früchtchen. In einer dieser Früchte befindet sich noch ein Same, welcher in glänzend schwarze Kohle umgewandelt sich von dem glanzlosen Braun der Frucht auffällig unterscheidet.

Die in Fig. 8a dargestellten Zapfen sind undeutlich, aber sie haften noch an den starren langen Fruchtstielen (Coll. Halle).

Beiläufig sei bemerkt, dass der Fruchtzapfen, welchen ENGELHARDT, Nova Acta Taf. X Fig. 6, als zu *Alnus Kefersteini* gehörig von Göhren abbildet, eine *Liquidambar*-Frucht ist.

3. Zschipkau bei Senftenberg. Taf. V, Fig. 9; VI, Fig. 8.

Ein schöner Fruchtzapfen liegt mit Gegenplatte aus den Thonen dieser Lagerstätte vor, dessen Zugehörigkeit zu *Liquidambar* mir sehr zweifelhaft erscheint. Auf Taf. V, Fig. 9 ist die eine Platte in natürlicher Grösse photographisch dargestellt, während die Figur 8 auf Tafel VI die Gegenplatte in doppelter Lineargrösse zeigt. Es ist ein rundlicher Fruchtstand mit starren zungenförmigen mehr oder weniger gekrümmten Fortsätzen, welche stumpf oder spitz enden. Diese Fortsätze zeigen eine ganz andere Bildung, als sie den *Liquidambar*-Zapfen eigen sind. Es ist kaum anzunehmen, dass dieselben aus den Pistillen hervorgegangen seien. Bei *Liquidambar* sind diese Fortsätze mehr oder weniger walzig, während sie bei der vorliegenden Frucht zungenförmig, also abgeflacht und, wie es scheint, an der stumpf

zugerundeten Spitze wieder aufgekrümmt sind. Sie erscheinen daher mehr als Schuppen. Der Körper der Frucht giebt keinerlei Aufschluss über die Beschaffenheit, er bestand aus zerbröckelter gestaltloser Kohle, auch aus dem vorhandenen Abdruck ist nichts abzunehmen. Ebenso unbekannt ist der Stiel. Es ist nicht ausgeschlossen, dass es ein Coniferenzapfen sei. Zu bemerken ist noch, dass die von Zschipkau vorliegenden zahlreichen Blätter von *Liquidambar* zu jener von O. HEER als Varietät zu *L. europaeum* gestellten Form gehören, welche GOEPPERT a. a. O. als *Acer Oeynhausenianum* beschrieben und Taf. XXIV in Fig. 1—4 abgebildet hat.

Diese Blätter zeichnen sich durch ihre breite Form aus, indem der Mittellappen an seiner Basis nicht oder kaum eingezogen und weder in Gestalt noch Grösse von den Seitenlappen verschieden ist. Die Randzähne sind sehr klein, die Nerven deutlich, der Blattstiel mässig lang.

GOEPPERT's Diagnose lautet: *foliis petiolatis, palmato-lobatis planis basi subtruncatis, lobis late expansis vel divaricatis elongatis lanceolatis triangularibus acuminatis, crenulo-serrulatis.*

Wenn es sich in der Folge herausstellte, dass jener Fruchtzapfen einem *Liquidambar* angehöre, so würde derselbe zu einer anderen Art zu stellen sein und ihm dann wohl der GOEPPERT'sche Name *Liq. Oeynhausenianum* GOEPP. *sp.* verbleiben.

Porana membranosa GOEPPERT *sp.* Taf. V, Fig. 5, 6; Taf. VI, Fig. 9 und 10.

Syn. Getonia membranosa GOEPP. Tertiäre Flora von Schossnitz p. 38, Taf. XXV, Fig. 12.

Porana membranosa SCHIMPER. Traité de pal. vég. II, p. 913.

Viburnum membranosum SCHENK. ZITTEL's Handbuch der Palaeontologie II, Abt. V, p. 774—776.

Carpinus involvens GOEPPERT. Tert. Fl. von Schossnitz p. 19, Taf. V, Fig. 8.

Porana calycis limbo profunde quadri-vel quinifido, centim. 3 *circa lato; lobis ovato-rotundatis, inaequalibus* (*uno caeteris minore*); *venis tenuibus, radiantibus quinis ramosa-anastomosantibus,* würde die Diagnose nach SCHIMPER mit kleinen Veränderungen lauten müssen.

Die Fruchthülle erscheint lang gestielt, dieser Stiel ist fein gestreift und ab und zu mit Narben besetzt, welche wohl auf Verzweigung desselben hindeuten. Die Fruchthülle selbst kann nicht besonders derb gewesen sein, sondern war wahrscheinlich häutig, der untere Teil ist trichterförmig und von dem in 4—5 Lappen erweiterten Rand (durch eine in der Mitte durchbrochene Fläche) getrennt. In der Seitenansicht (V, Fig. 6b; VI, Fig. 10) ist die Trennungslinie durch einen Quereindruck markiert, über welcher die Anheftungspunkte der Frucht zu sehen sind. Im Centrum der ausgebreiteten Fruchthülle (V, Fig. 5; VI, 9) dagegen zeigt sich als Ansatzstelle der Frucht eine in der Mitte durchbrochene gebräunte Fläche, welche in Gestalt eines abgestutzt fünfstrahligen Sterns gewissermassen den Fruchtboden bildet, denn durch die mittlere Oeffnung sieht man den Abdruck der Frucht.

Die Gegenplatte zeigt ein ungefärbtes Centrum und ein kleines rundes Loch als Andeutung des Stielansatzes.

Die Lappen sind in der Grösse verschieden und durch tiefe Einschnitte von einander getrennt; bei der Fünfzahl — wie im vorliegenden Stück — erscheinen vier ziemlich gleich gross, der fünfte jedoch ist bedeutend kleiner, sodass die grossen Lappen eine Länge von 16—18 mm, der kleine dagegen nur von 10 mm haben. Ihre Gestalt ist rundlich-oval. Jeder Lappen wird von drei bis fünf Hauptnerven durchlaufen, deren drei mittelste durch Gabelung vor der Spitze sich wiederholt camptodrom verbinden. Ausser den Gabelzweigen treten noch zahlreiche Nerven gerade oder schräg ansteigend aus den Hauptnerven aus, welche die Hauptnerven verbinden und sich weiter verzweigend ein lockeres Nervennetz mit annähernd quadratischen Maschen bilden.

Diese Porana-Art hat grosse Aehnlichkeit mit HEER's *Porana oeningensis* (Tert. Fl. d. Schweiz Taf. CIII, Fig. 21), übertrifft dieselbe aber bedeutend an Grösse, und überdies zeigen die Lappen einen abweichenden Nervenverlauf.

Ist *Getonia membranosa* GOEPP. in Wahrheit nun diese selbe Pflanze, oder ist sie, wie SCHENK a. a. O. nach der Abbildung GOEPPERT's urteilt, die unfruchtbare Blüte eines *Viburnum*?

Das Original zu GOEPPERT's *Getonia* liegt nicht vor; die Frage lässt sich demnach nicht mit Verlässlichkeit lösen, bevor nicht das

Original aufgefunden und untersucht ist. Trotzdem halte ich die Ansicht SCHIMPER's für die richtige, da auf die Darstellung des Zeichners so wenig Verlass ist, und überdies das vorliegende unzweifelhaft zu PORANA gehörende Stück eine so frappierende Aehnlichkeit nach Gestalt und Grösse mit der Fig. 12 hat, dass man versucht ist, den einen Abdruck desselben für das Original der Zeichnung zu halten. Dieses Exemplar von Schossnitz hat jedoch GOEPPERT nicht vorgelegen, denn es hat sich erst durch die Erschütterungen wohl, welche das Stück auf dem Transport erlitten, ohne anderes Zuthun, frei gelegt. Dieser Fruchtkelch ist fast vollständig erhalten, indem zwei scheinbar fehlende Lappen umgeklappt sind. Es ist gelungen, diese frei zu präparieren, und sie sind unter Leitung der Nerven in der Abbildung Taf. VI Fig. 9 in natürlicher Lage mit dargestellt worden. Bei flüchtiger Betrachtung sind die tiefen Einschnitte wohl da leicht zu übersehen, wo die Seitenränder der Lappen einander überdecken, und es erscheint mir durchaus nicht unmöglich, dass bei dem GOEPPERT'schen Original die tiefen Einschnitte nur übersehen sind, umsomehr, als der Text meistens den Abbildungen mehr als der Natur entspricht.

Carpinus involvens GOEPP. (Taf. V, Fig. 6a b; VI, Fig. 10a b) liegt dagegen in beiden Gegenplatten vor. Es ist von anderer Seite schon darauf hingewiesen, dass dieses Fossil sicher keine Fruchthülle einer *Carpinus* sei und dass der Vergleich mit einer solchen von *Ostrya* mindestens sehr gewagt ist, da *Ostrya* sitzende Früchte hat. Aber auch GOEPPERT selbst war sich über die Deutung dieses Fossils nicht klar, denn er vermutete, dass ein anderes Fossil, welches er im Text unter der Ueberschrift: Unbestimmbare Reste für eine *Cupula* hält, vielleicht zu Taf. V Fig. 8 gehöre, während auf Taf. XXVI in Fig. 47 dasselbe mit der Bezeichnung *Cotyledon* dargestellt ist. Leider fehlt auch zu dieser Figur das Original.

Es ist mir zweifelhaft, ob GOEPPERT die Gegenplatte des von ihm abgebildeten Fruchtflügels bekannt gewesen sei, denn gemeinhin pflegte er bei Vorhandensein von Gegenplatten diese mit gleicher Nummer und mit a und b zu bezeichnen. In diesem Falle trägt nur die abgebildete Platte (d. i. Taf. V, Fig. 6b) eine einfache Nummer, die zweite aber hat keinerlei Bezeichnung. Die Abbildung aber zeigt weniger als das Original.

Wir haben hier die Seitenansicht der Fruchthülle, und zwar nächst der inneren Ansicht auch einen Teil der äusseren Fläche. Nur zwei Lappen sind deutlich sichtbar, die übrigen sind nicht einzeln zu unterscheiden, seitlich zusammen gedrückt. Die Gestalt der Lappen wie der Verlauf ihrer Nerven und der von den Lappen abgesetzte untere Teil der Hülle entsprechen vollkommen den gleichen Teilen des ausgebreiteten Exemplars, auch die Färbung desselben ist da, wo es gelang einen Teil noch frei zu legen, dieselbe, ein lichtes Graubraun.

Die Originale sind Eigentum der paläontologischen Sammlung der Universität in Breslau.

ÜBER EINEN
IM SAFTE DER ZUCKERFABRIKEN IN GEMEINSCHAFT MIT LEUCONOSTOC SCHÄDLICH AUFTRETENDEN, DEN ZUCKER ZU ALKOHOL UND SÄURE VERGÄHRENDEN
SACCHAROMYCES (S. ZOPFII).

VON

DR. ALEXANDER ARTARI
AUS MOSKAU.

Mit 8 Textbildern.

Unter den Organismen, welche in den Säften der Rüben- und Rohzuckerfabriken „Krankheiten" hervorrufen, spielt bekanntlich der sogenannte Froschlaichpilz, *Leuconostoc mesenterioïdes* Cienk., eine Hauptrolle, indem er grössere Rohrzuckermengen zu invertieren und den gebildeten Invertzucker zu Säure zu vergähren vermag.[1]) Nicht selten findet man in Begleitung des eben genannten Spaltpilzes mehr oder minder massenhaft andere Bakterien, namentlich Milchsäure- und Buttersäuregährung erregende, mitunter treten aber statt derselben hefeartige Pilze auf, gelegentlich in grosser Menge. Es erhebt sich nun angesichts solcher Fälle der Verdacht, dass auch diese Organismen eine Rohrzucker zerstörende Wirkung ausüben und somit als Bundesgenossen des *Leuconostoc* auftreten können. Für eine Hefe, die Prof. Zopf in reichster Vegetation mit *Leuconostoc mesenterioïdes* zusammen in dem Saft einer Zuckerfabrik der Provinz Sachsen vorfand und mittelst Schalenkultur isolierte, hat sich, wie im Folgenden gezeigt werden soll, diese Vermutung vollauf bestätigt. Es handelt sich hierbei um einen echten, also endosporenbildenden Saccharomyceten, der bisher nicht bekannt zu sein scheint.

Im Folgenden will ich ihn hinsichtlich seiner Gestaltungsweise und einiger physiologischen Eigenschaften charakterisieren.

---

[1]) Auf Grund von Reinkulturen ist dies zuerst von Liesenberg und Zopf: „Ueber den sogenannten Froschlaichpilz (Leuconostoc) der europäischen Rübenzucker- und der javanischen Rohzuckerfabriken" in Zopf, Beiträge zur Physiologie und Morphologie niederer Organismen, I. Heft, Leipzig 1892, gezeigt worden.

I. Morphologie.

Auf der Oberfläche von Traubenzucker-Pepton-Gelatine (Gelatine 7 %, Traubenzucker 3 %, Fleischextrakt 1 % und Pepton 1 %) sowie von Bierwürze-Gelatine bildet der Pilz im Impfstrich milchweisse, glänzende, wenig schleimige, sich nicht stark ausbreitende Auflagerungen, welche glatte oder nur sehr schwach krenulierte Ränder und kaum deutliche Zonenbildung zeigen (Fig. 1). Bei gewöhnlicher Zimmer-

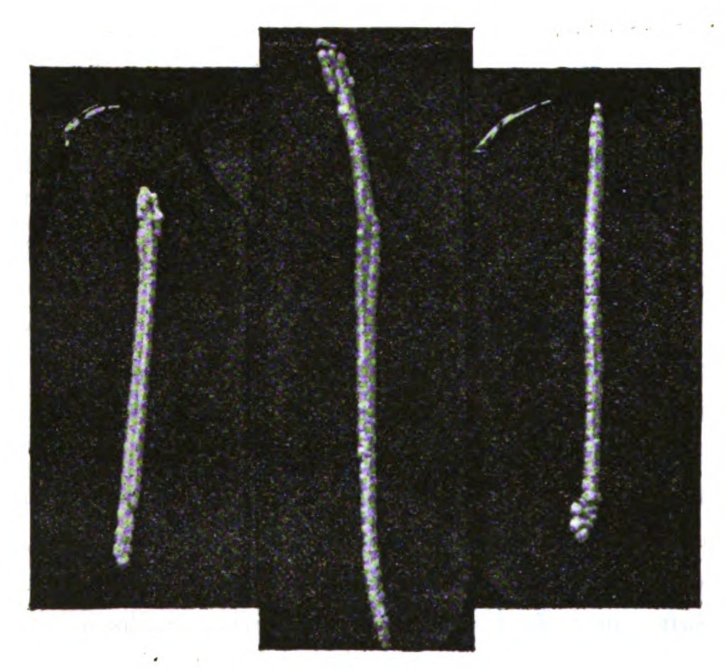


Fig. 1.

Drei Kolonien des Pilzes auf Traubenzucker-Pepton-Fleischextrakt-Gelatine in oberflächlichen Impfstrichen erzogen, 5 Tage alt, in nat. Grösse (Objektträgerkulturen). (Nach einer Photographie.)

temperatur (18—20° C.) wird die Gelatine nicht verflüssigt, wohl aber tritt bei erhöhter Zimmertemperatur (25—26° C. im Juli) binnen wenigen Tagen schwache Verflüssigung auf, welche zur Folge hat, dass die Kolonieen von den schrägen Flächen herabrutschen. Auf Bierwürze sowie auf Traubenzuckerlösung [Na_2HPO_4 0,3 %, $MgSO_4$ 0,2 %, $(NH_4)_2SO_4$ 0,3 %, Dextrose 5 %] gezüchtet, bildet der Pilz auch in wochenlanger Kultur keine ausgesprochene Kahmhaut, sondern nur einen deutlichen Hefenring, während die Hauptmasse der Hefe sich

am Boden ansiedelt. Sehr ausgesprochen war die Bildung des Hefenringes auf Mannitlösung [Na_2HPO_4 0,3 %, $MgSO_4$ 0,2 %, $(NH_4)_2SO_4$ 0,3 %, Mannit 3 %].

In Bierwürze oder in Traubenzuckerlösung, Dextrinlösung u. s. w. gezüchtet, nehmen die Zellen zunächst kurz und breit ellipsoidische Formen an (Fig. 2, 3), später gehen sie dann z. T. in mehr kugelige

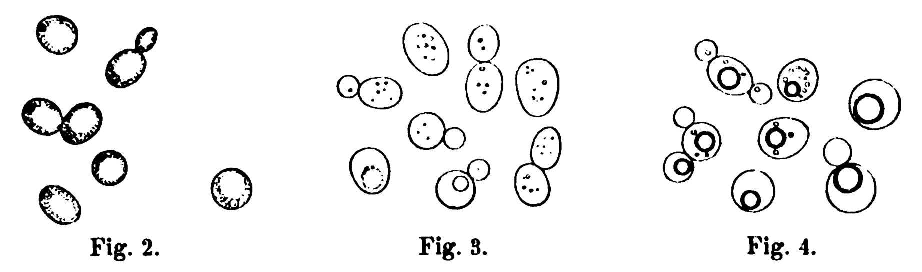


Fig. 2. Zellen aus 24stündiger Kultur in Bierwürze, 710fach vergr.

Fig. 3. Zellen aus einer etwa 10 Tage alten Kultur in Dextrin, 710fach vergrössert.

Fig. 4. Zellen aus einer 4täg. Kultur auf Traubenzucker-Fleischextr.-Pepton-Gelatine, 710fach vergr.

Formen über. Das nämliche gilt auch für die Vegetationen auf Nährgelatinen (Fig. 4). Unter gewissen Ernährungsverhältnissen erhält man überhaupt nur kugelige Formen; so z. B. in Traubenzuckerlösungen,

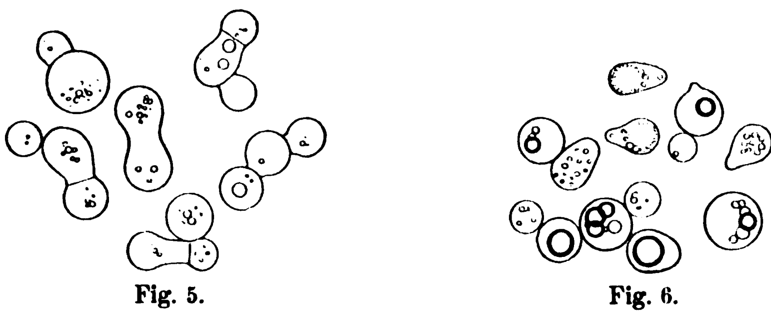


Fig. 5. Zellen aus 17tägiger Kultur in einer 8prozent. Lösung von schwefelsaurem Ammonium, 710fach vergrössert.

Fig. 6. Zellen aus 17tägiger Kultur in KNO_3-haltiger Lösung, 710fach vergrössert.

die 3—8 % $(NH_4)_2SO_4$ enthalten (Fig. 5). Unter noch anderen Ernährungsbedingungen können selbst birnförmige Gestalten auftreten, z. B. in Traubenzuckerlösung, der als Stickstoffquelle Kalisalpeter (0,4 %) zugegeben war (Fig. 6).

Bei Züchtung in Bierwürze und passend zusammengesetzten Zuckerlösungen, in welchen der Pilz ausgesprochene Gährwirkung hervorruft, treten die Sprossungen immer an sehr eng umschriebenen Vegetationspunkten auf, also ähnlich wie bei Bier- und Weinhefen, dem entsprechend ist auch die Querwand, welche die Tochterzelle von der Mutterzelle trennt, eine sehr schmale (Fig. 2). Man kann nun aber auch die Nährbedingungen in der Weise gestalten, dass die Sprossungen als relativ sehr breite Ausstülpungen entstehen, dem gemäss wird die fertige Tochtersprosse durch eine relativ breite Querwand von der Mutterzelle geschieden. Solche Bedingungen sind z. B. gegeben, wenn man den Pilz in einer Traubenzuckerlösung züchtet, welche 5—8 % $(NH_4)_2SO_4$ enthält (Fig. 5). Man wird durch solche eigentümliche Formen erinnert an jene Bilder, welche EM. CHR. HANSEN[1]) von *Saccharomyces Ludwigii* und später LINDNER[2]) und BEYERINCK[3]) von *S. Pombe* und *S. octosporus* gegeben haben.

Bei gewisser später zu besprechender Ernährung kann Bildung von Fetttröpfchen auftreten, welche schliesslich zu einem grösseren Tropfen zusammenfliessen.

Der Pilz gehört zu den wenigen Saccharomyceten, die ihre Sporen sowohl auf festen, als auch in flüssigen Nährsubstraten mit relativ grosser Leichtigkeit bilden. So z. B. auf Traubenzucker-Pepton-Gelatine, Bierwürze-Gelatine, in passend zusammengesetzten Lösungen von Kohlehydraten, mehrwertigen Alkoholen und organischen Säuren. Natürlich lassen sich die vegetativen Zellen auch leicht zu Sporenbildung bringen, wenn man die von EM. CHR. HANSEN gegebenen Vorschriften (24stündige Kultur in Bierwürze, Abfiltrieren, Auswaschen der entstandenen Hefemengen und Aufbringen auf sterilisierte, feucht zu haltende Gypsblöckchen) befolgt. (Näheres über die Bedingungen der Sporenbildung folgt im physiologischen Abschnitt).

---

1) In ZOPF's Handbuch der Pilze Fig. 135 und Recherches sur la physiologie et la morphologie des ferments alcooliques. VIII. Sur la germination des spores chez les Saccharomyces. Compt. rendu des travaux du laborat. Carlsberg, Vol. III (1891).

2) Schizosaccharomyces Pombe, ein neuer Gährungserreger. Wochenschr. f. Brauerei X (1893).

3) Schizosaccharomyces octosporus, eine 8sporige Alcoholhefe. Centralbl. f. Bacteriol. u. Paras. XVI (1894).

Je nach der Grösse der Mutterzelle werden 1—4 Sporen erzeugt. In den meisten Fällen ist die Zweizahl zu finden (Fig. 7). Die Form der Sporen ist kugelig. Doch können dieselben, wenn sie zu 2 oder mehreren vorhanden sind, durch gegenseitigen Druck sich abplatten (Fig. 8).

Die Membran der Sporen ist glatt. Hinsichtlich der Auskeimung der Sporen stimmt der Pilz mit den bekanntlich von EM. CHR. HANSEN genau studierten gewöhnlichen Bier- und Weinhefepilzen vollkommen überein.

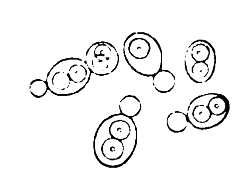


Fig. 7.

Sprosse mit 1—2 endogenen Sporen, von Gypsblöckchen, 710-fach vergrössert.

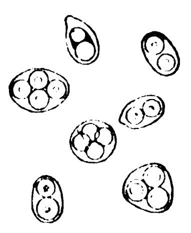


Fig. 8.

Sprosse mit 2—4 endogenen Sporen aus einer 6tägig. Strichkultur auf Traubenzucker-Fleischextrakt-Pepton-Gelatine, 710fach vergrössert.

Wir haben in *Saccharomyces Zopfii* ohne Zweifel einen der kleinsten Saccharomyceten vor uns; denn seine vegetativen Zellen, wie sie z. B. in Bierwürze oder auf Zucker-Pepton-Gelatine erhalten werden, haben im grössten Durchmesser nur etwa 3—6 μ. Unter gewissen, im physiologischen Abschnitt näher anzuführenden Ernährungsverhältnissen können die Zellen etwas grössere Dimensionen annehmen, nämlich bis zu 8 μ. Der relativ geringen Grösse der vegetativen Zellen entsprechend können natürlich auch die Dimensionen der Sporen nur geringe sein, und zwar schwankt der Durchmesser derselben etwa zwischen 1,5—3 μ.

II. Physiologie.

1. Verhalten zur Temperatur.

a. Abtötungstemperaturen.

α. Die obere Temperaturgrenze der Lebensfähigkeit bei feuchter Wärme.

Die Anstellung der Versuche geschah in der Weise, wie bei Zopf.[1])

1. Versuch. Binnen 27 Minuten von Zimmertemperatur (21° C.) auf 50° C. erwärmt und 5 Minuten bei 50° gehalten. Kultur war 5 Tage alt. (Vegetative Zellen und Sporen.)

Resultat: Zahlreiche Kolonieen.

2. Versuch. Binnen 34 Minuten auf 56° C. erwärmt und 5 Minuten bei Temperatur 56—55° gehalten. Kultur 5 Tage alt. (Vegetative Zellen und Sporen).

Resultat: Zahlreiche Kolonieen.

3. Versuch. Binnen 31 Minuten auf 58½° C. erwärmt und 5 Minuten bei 58½—58° gehalten. Kultur 5 Tage alt. (Vegetative Zellen und Sporen.)

Resultat: Zahlreiche Kolonieen.

4. Versuch. Binnen 27 Minuten auf 59½° C. erwärmt und 5 Minuten bei 59½—59° gehalten. Kultur 5 Tage alt.

Resultat: Weniger zahlreiche Kolonieen.

5. Versuch. Binnen 33 Minuten auf 64½° C. erwärmt und 5 Minuten bei 64½—64° gehalten. Kultur eben so alt wie im vorigen Versuche.

Resultat: Eine sehr kleine Anzahl von Kolonieen.

6. Versuch. Binnen 23 Minuten auf 67° C. erwärmt und 5 Minuten bei 67—66° gehalten. Kultur ebenso alt.

Resultat: Eine ganz geringe Anzahl von Kolonieen.

Nach diesen Versuchen glaube ich annehmen zu dürfen, dass die obere Temperaturgrenze der Lebensfähigkeit des Pilzes bei feuchter Wärme in der nächsten Nähe von 67° C. liegt.

---

[1]) Beiträge zur Physiologie und Morphologie niederer Organismen. Herausgegeben von W. Zopf. Heft I, Leipzig 1892, S. 20—21.

β. Die obere Temperaturgrenze der Lebensfähigkeit bei trockener Wärme.

Die Anstellung der Versuche geschah in der Weise, wie bei ZOPF und LIESENBERG.[1])

1. **Versuch.** Binnen 21 Minuten von Zimmertemperatur (22° C.) auf 108° C. erhitzt und 5 Minuten bei 108—106° gehalten. Kultur 2 Tage alt. (Vegetative Zellen.)

Resultat: Zahlreiche Kolonieen.

2. **Versuch.** Binnen 35 Minuten auf 112° C. erhitzt und 5 Minuten bei 112—110° C. gehalten. Kultur 24 Stunden alt. (Vegetative Zellen.)

Resultat: Ziemlich grosse Anzahl von Kolonieen.

3. **Versuch.** Binnen 33 Minuten auf 117° C. erhitzt und 5 Min. bei 117—115° C. gehalten. Kultur 2 Tage alt. (Vegetative Zellen.)

Resultat: Zahlreiche Kolonieen.

4. **Versuch.** Binnen 29 Minuten auf 121° C. erhitzt und 5 Min. bei 121—119° gehalten. Kultur ebenso alt, wie im vorigen Versuche.

Resultat: Zahlreiche Kolonieen.

5. **Versuch.** Binnen 36 Minuten auf 123° C. erhitzt und 5 Min. bei 123—121° gehalten. Kultur ebenso alt.

Resultat: Ziemlich grosse Anzahl von Kolonieen.

6. **Versuch.** Binnen 29 Minuten auf 125° C. erhitzt und 5 Min. bei 125—123° gehalten. Kultur ebenso alt.

Resultat: Kleine Anzahl von Kolonieen.

7. **Versuch.** Binnen 32 Minuten auf 130° C. erhitzt und 5 Min. bei 130—128° gehalten. Kultur 3 Tage alt. (Vegetative Zellen.)

Resultat: Eine sehr kleine Anzahl von Kolonieen.

8. **Versuch.** Binnen 33 Minuten auf 135° C. erhitzt und 5 Min. bei 135—132° gehalten. Kultur 3 Tage alt.

Resultat: Keine Kolonie.

Es ergiebt sich aus diesen Versuchen, dass die obere Temperaturgrenze der Lebensfähigkeit bei trockener Wärme für die vegetativen Zellen des *Saccharomyces Zopfii* zwischen 130 und 135° C. liegt.

---

[1]) L. c. s. 22.

Vergleicht man die Abtötungstemperaturen der vegetativen Zustände rücksichtlich feuchter wie trockener Wärme mit den gleichsinnigen Abtötungstemperaturen verschiedener anderer, nach ganz dem gleichen Verfahren untersuchter Pilze und Bakterien, so tritt eine auffällige Widerstandsfähigkeit des Pilzes hervor, namentlich in Rücksicht auf trockene Wärme.

Die Abtötungsgrenze bei feuchter Wärme liegt nämlich

für	*Prototheca Zopfii*	nach	KRÜGER[1])	zwischen	45 u. 46°
„	*Ustilagidium Hordei*	„	HERZBERG[2])	„	$45^1/_2$ u. $47^3/_4$°
„	*Ustilago perennaus*	„	„	„	$47^1/_2$ u. $50^1/_2$°
„	„ *Jensenii*	„	„	„	50 u. 53°
„	*Prototheca moriformis*	„	KRÜGER[3])	„	52 u. 53°
„	*Saccharomyces cerevisiae I.*	„	HANSEN	„	52 u. 54°
„	„ *ellipsoideus II.*	„	„	„	54 u. 56°
„	***Sacch. Zopfii***	„			bei ca. **67**°
„	*Bacterium vernicosum*	„	ZOPF[4])	„	73 u. 75°
„	*Leuconostoc mesenterioïdes*	„	LIESENB. u. ZOPF[5])	„	87 u. 88°.

Die Abtötungsgrenze bei trockener Wärme liegt:

für	*Prototheca Zopfii*	nach	KRÜGER[1])	zwischen	65 u. 66°
„	„ *moriformis*	„	„	„	85 u. 90°
„	*Leuconostoc mesenterioïdes*	„	LIESENBERG u. ZOPF	„	100 u. 114°
„	*Bacterium vernicosum*	„	ZOPF	„	115 u. 120°
„	***Saccharomyces Zopfii***				**130 u. 135°**.

Aus vorstehenden Angaben ersieht man u. a., dass *S. Zopfii* und *Leuconostoc mesenterioïdes* gegen feuchte Hitze recht widerstandsfähig sind (die Abtötungstemperatur liegt für jenen bei etwa 67°, für diesen bei 87—88°). Es kann uns demnach nicht wundern, wenn beide Organismen in heissen Zuckersäften sich lebenskräftig erhalten können.

---

[1]) ZOPF's Beiträge, Heft IV, p. 76.

[2]) Daselbst Heft V, p. 27.

[3]) Daselbst Heft IV, p. 77.

[4]) Daselbst Heft I, p. 73.

[5]) Daselbst Heft I, p. 21.

b. Wachstumstemperaturen.

1. Versuch. Zwei Reagiergläschen mit Bierwürze beschickt und mit dem Pilze geimpft wurden im Thermostat bei 26 ° C. gehalten.

Resultat: Binnen 24 Stunden gute Entwicklung und starke Gasbildung.

2. Versuch. Ein Reagiergläschen mit Hefe in Bierwürze im Thermostat bei 28—29 ° C. gehalten.

Resultat: Binnen 12 Stunden starke Entwicklung und intensive Gährung mit Bildung einer Schaumdecke.

3. Versuch. Ein Reagiergläschen mit Hefe in Bierwürze bei 31 ° C. gehalten.

Resultat: Gute Entwicklung und starke Gährung.

4. Versuch. Ein Reagiergläschen mit Hefe in Bierwürze bei 32—33 ° C. gehalten.

Resultat: Ziemlich gute Entwicklung und Gährung.

5. Versuch. Ein Reagiergläschen mit Hefe in Bierwürze bei 34—35 ° C. gehalten.

Resultat: Keine Gährung und keine merkliche Entwicklung.

6. Versuch. Ein Reagiergläschen mit Nähragar auf der schrägen Fläche mittelst Impfstrichs geimpft, bei 34—35 ° C. gehalten.

Resultat: Gar keine Entwicklung.

Es ergiebt sich aus diesen Versuchen, dass das Optimum der Wachstumstemperatur unter den angegebenen Bedingungen etwa bei 28—29 ° C. liegt, das Maximum etwa zwischen 33 und 34 ° C.

Zum Vergleich setze ich die Minima, Maxima und Optima einiger anderer Pilze hierher:

		Minimum:	Optimum:	Maximum:
Ustilagidium Hordei	nach Herzberg	zwischen 5 u. 11 °	20 °	30—35 °
Hormodendron Hordei	„ Bruhne	wenig über 0 °	21—25 °	30—31 °
Sacch. Zopfii			28—29 °	33—34 °
Leuconostoc mesenterioides	„ Zopf	11—14 °	30—35 °	40—43 °
Bacterium vernicosum	„ „	10 °	35—42 °	45—46 °

Wenn also an irgend einer Stelle des Betriebes eine Abkühlung der Zuckersäfte auf etwa 34 ° eintritt, so werden sich *Saccharomyces Zopfii* und *Leuconostoc mes.* zusammen entwickeln können.

2. Ernährungsverhältnisse.

A. Prüfung der Frage, aus welchen Stickstoffverbindungen der Pilz seinen Stickstoffbedarf decken kann.

Es wurde erstens geprüft, ob Ammoniaksalze die Stickstoffquelle liefern können, speziell $(NH_4)_2SO_4$.

Zu diesem Versuche diente eine Nährlösung folgender Zusammensetzung:

Na_2HPO_4	0,3 %
$MgSO_4$	0,2 %
Dextrose	5 %
$(NH_4)_2SO_4$	0,3 %

Reaktion der Lösung schwach alkalisch. Lacmuszusatz als Säureindikator.

Resultat: Kräftige Entwicklung und Gährung. Zellen rund und gross; lebhafte Sprossbildung.

Es wurde ferner geprüft, ob der Pilz imstande ist, salpetersaure Salze als N-Quelle zu benutzen. Speziell wurde KNO_3 geprüft,

Zu diesem Versuche diente folgende Nährlösung:

Na_2HPO_4	0,3 %
$MgSO_4$	0,2 %
Traubenzucker	2 %
KNO_3	0,4 %

Reaktion derselben schwach alkalisch. Lacmuszusatz als Säureindikator.

Resultat: Entwicklung vorhanden, aber nicht gut; schwache, aber deutliche Säuerung und keine merkliche Gasentwicklung. Die nach 14 Tagen vorgenommene mikroskopische Untersuchung zeigte, dass die Zellen kugelig oder birnförmig und ziemlich gross waren. Zelleninhalt reich an Fett. Sporenbildung.

B. Prüfung der Frage, aus welchen Verbindungen der Pilz seinen C- und N-Bedarf gleichzeitig decken kann.

Es wurde geprüft, ob der Pilz imstande ist Asparagin und Pepton als N-Quelle und C-Quelle zu benutzen.

Die Grundlösung habe ich von folgender Zusammensetzung genommen:

Na_2HPO_4 . . . . 0,3 %
$MgSO_4$ . . . . 0,2 %

Zu dieser Grundlösung wurden die zu prüfenden Stoffe zugefügt, nämlich je:

a) Asparagin . . . . 0,5 %
b) Pepton . . . . 1 %

Resultat: a) Asparagin. Kaum eine Entwicklung. Die Zellen sind reich an Fett, ziemlich gross, kugelig und sehen ganz schlecht aus. Sporenbildung.

b) Pepton. Kaum eine Entwicklung. Zellen kugelig, sehr klein, mit Fetttröpfchen. Sie sehen ganz schlecht aus. Sporenbildung.

Aus diesen Versuchen folgt, dass Asparagin wie Pepton als gleichzeitige N- und C-Quellen kaum einen Nährwert haben.

C. Prüfung der Frage, aus welchen Kohlenstoffverbindungen der Pilz seinen C-Bedarf decken kann.

I. Kohlenhydrate und mehrwertige Alkohole.

Es wurde eine Grundlösung von der folgenden Zusammensetzung hergestellt:

Na_2HPO_4 . . . . 0,3 %
$MgSO_4$ . . . . 0,2 %
$(NH_4)_2SO_4$ . . . . 0,3 %

Diese Lösung wurde durch kohlensaures Natron schwach alkalisch gemacht und durch Lacmuszusatz, als Indikator der Säurebildung, gefärbt.

Zu dieser Grundlösung wurden die jedesmal zu prüfenden Stoffe zugefügt, nämlich:

1. Kohlenhydrate:

a. Gruppe des Traubenzuckers:

Dextrose . . . . 5 %
Galactose . . . . 2 %

b. Gruppe des Rohrzuckers:

Saccharose . . . . 5 %
Lactose . . . . 5 %
Maltose . . . . 3 %

c. Cellulosegruppe:

Dextrin . . . . 5 %
Inulin . . . . 1 %

2. Mehrwertige Alkohole:

Glycerin . . . . 5 %
Mannit. . . . . 3 %
Melanpyrit . . . . 1 %

Für jeden Versuch wurden 5 Reagiergläschen mit je 10 ccm Nährlösung gefüllt. Wie in allen übrigen Fällen, habe ich die Reagiergläschen vollkommen sterilisiert. Hierauf wurden 3 Gläschen jeder C-Verbindung mit der Hefe geimpft, je 2 Gläschen dienten als Kontrollgefässe. Temperatur: Zimmertemperatur, etwa 21 bis 23° C. Dauer der Versuche etwas über 2 Monate.

Die folgende Tabelle zeigt die Resultate dieser Versuchsreihe.

Kohlenstoff-verbindungen.	Mass der Entwicklung.
Dextrose	Gute Entwicklung.
Galactose	Keine Entwicklung.
Saccharose	Gute Entwicklung.
Lactose	Keine Entwicklung.
Maltose	Kaum merkliche Entwicklung.
Dextrin	Schwache Entwicklung.
Inulin	Geringe Entwicklung. [1])
Glycerin	Schwache Entwicklung.
Mannit	Gute Entwicklung. Bildung eines reichlichen Bodensatzes, sowie Bildung eine Hefenringes.
Melampyrit	Keine merkliche Entwicklung.

[1]) Diese auf kleine Mengen von Dextrose zurückzuführen, die beim Kochen aus dem Inulin entstanden war.

Aus diesen Ergebnissen folgt, dass dem *Saccharomyces Zopfii* nur Dextrose, Saccharose und Mannit als gute Kohlenstoffquellen dienen können, Dextrin und Glycerin weniger gut, Maltose, Galactose, Lactose, Inulin und Melampyrit nicht nähren.

II. Organische Säuren.

Ist *Saccharomyces Zopfii* imstande, die gebildete Säure als Nährstoff zu benutzen?

Stellt man sich von einer passenden traubenzuckerhaltigen Nährgelatine (Gelatine 10 %, Traubenzucker 3 %, Pepton 1 %, Fleischextrakt 1 %), welche schwach alkalisch reagiert und durch Lacmus deutlich blau gefärbt ist, eine schräge Fläche im Reagierglase her und impft diese mittelst oberflächlichen Impfstrichs, so sieht man nach einiger Zeit, bei einer Temperatur von etwa 23 °, dieselbe ausgesprochen rot werden, also deutlichen Säuregehalt zeigen. Nach ein paar Wochen aber verschwindet die Rotfärbung vollständig — das Lacmus indiziert neutrale Reaktion — und schliesslich tritt ausgesprochene Blaufärbung ein.

Diese Erscheinung ist offenbar so zu deuten, dass der Pilz die anfänglich gebildete Säure nach und nach aufzehrt.

Wenn das richtig ist, so wird der *Saccharomyces* wahrscheinlich auch andere organische Säuren als Nährstoff benutzen können.

Es waren also Untersuchungen in dieser Richtung angezeigt, die ich vornahm mit folgenden Säuren.

Weinsäure	0,5 %
Essigsaures Natron	1 %
Malonsäure	0,25 %
Bernsteinsaurer Kalk	0,5 %
Apfelsäure	0,5 %
Saurer oxalsaurer Kalk	0,5 %
Milchsäure	0,5 %
Citronensäure	0,5 %

Als Grundlösung diente mir:

Na_2HPO_4	0,3 %
$MgSO_4$	0,2 %
$(NH_4)_2SO_4$	0,3 %

Jede Nährlösung (mit Ausnahme der Lösungen von essigsaurem Natron und bernsteinsaurem Kalk) wurden durch kohlensaures Natron schwach alkalisch gemacht. Dauer der Versuche ungefähr vierzehn Tage.

Die folgende Tabelle zeigt die Resultate dieser Versuchsreihe.

Organische Säure.	Mass der Entwicklung.
Weinsäure	Schwache Entwicklung.
Essigsaures Natron	Kaum merkliche Entwicklung.
Malonsäure	Kaum merkliche Entwicklung.
Bernsteinsaurer Kalk	Keine merkliche Entwicklung.
Apfelsäure	Sehr schwache Entwicklung.
Saures oxalsaures Kali	Keine merkliche Entwicklung.
Milchsäure	Sehr schwache Entwicklung.
Citronensäure	Schwache Entwicklung.

Aus diesen Ergebnissen folgt, dass unter den obigen Bedingungen nur Citronensäure, Weinsäure, Apfelsäure und Milchsäure, letztere beiden aber nur in sehr geringem Massstabe, als Nährstoff benutzt werden können.

3. Fermentbildung.

Da, wie wir sahen, der Pilz in Rübenzuckersäften sehr reichlich auftreten kann, so interessiert vor allem die Frage, ob er ein invertierendes Ferment bilden kann. Ich benutzte zur Prüfung in dieser Richtung die oben erwähnte Grundlösung mit 5 % reinem Rohrzucker.[1]) Diese Lösung wurde schwach alkalisch gemacht und mit Lacmus gefärbt. Schon nach 2 Tagen wurden die geimpften Reagiergläschen rot, die 2 Kontrollgefässe dagegen blieben blau. Die Anwendung der Fehling'schen Lösung zeigte in den geimpften Reagiergläschen starke Traubenzuckerreaktion. Daraus ist zu schliessen, dass *Saccharomyces Zopfii* den Rohzucker kräftig zu invertieren vermag.

---

[1]) Da völlig reiner, d. h. ganz Traubenzucker-freier Rohrzucker käuflich nicht erhalten werden konnte, so habe ich mir solchen durch Umkristallisieren selbst dargestellt.

Die in der üblichen Weise vorgenommene Prüfung der Frage, ob dieser *Saccharomyces* imstande ist, ein diastatisches Ferment, sowie ein Labferment zu bilden, gab in beiden Fällen negative Resultate.

Dass der Pilz ein Gelatine-peptonisierendes Ferment ausscheidet, habe ich bereits oben erwähnt, ebenso dass diese Ausscheidung erst bei etwas höherer Temperatur erfolgt (über 20° C. hinaus).

4. Gährvermögen und Gährprodukte.

a. Die Stoffe, welche vergohren werden.

Auf die Frage „Welche Stoffe von dem Pilze vergohren werden" habe ich die Antwort aus denselben Versuchen bekommen, die ich für die Prüfung der Frage „Aus welchen C-Verbindungen der Pilz den C-Bedarf decken kann", angewandt habe (siehe S. 13 [123] u. 14 [124]).

Der Abschluss dieser Versuchsreihe in Bezug auf die uns hier interessierenden Fragen ergab:

Die auf Vergährung zu prüfenden Stoffe.	Mass der Gasentwicklung.	Reaktion im geimpften Gefäss.	Reaktion des Kontrollgefässes.
Dextrose	Intensive Gasentwicklung schon innerhalb 48 Stunden	Sauer	Schwach alkalisch
Galactose	Keine Gasentwicklung	Schwach alkalisch	Schwach alkalisch
Saccharose	Intensive Gasentwicklung schon innerhalb 48 Stunden	Sauer	Schwach alkalisch
Lactose	Keine Gasentwicklung	Schwach alkalisch	Schwach alkalisch
Maltose	Keine Gasentwicklung	Schwach alkalisch	Schwach alkalisch
Dextrin	Keine merkliche Gasentw.	Sauer	Schwach alkalisch
Inulin	Keine merkliche Gasentw.	Sauer[1])	Schwach alkalisch
Glycerin	Keine Gasentwicklung	Schwach alkalisch	Schwach alkalisch
Mannit	Keine Gasentwicklung	Schwach alkalisch	Schwach alkalisch
Melampyrit	Keine Gasentwicklung	Schwach alkalisch	Schwach alkalisch

Aus dieser Versuchsreihe sehen wir, dass *Saccharomyces Zopfii* die Fähigkeit besitzt, in Rohrzucker-, Traubenzucker- und Dextrin-Lösungen

[1]) Die Säuerung ist hier auf Traubenzuckergehalt des Inulins zurückzuführen, der, wie man sich leicht überzeugte, beim Kochen des Inulins entstanden und durch FEHLING'sche Lösung auch in den Kontrollgefässen nachzuweisen war.

Gährungserscheinungen hervorzubringen, in den ersteren beiden mit reichlicher Gasentwicklung. Dagegen werden Galactose, Lactose, Maltose, Inulin, Glycerin, Mannit und Melampyrit nicht vergohren.

b. Die Gährprodukte.

Unter den Produkten der Vergährung von Saccharose und Dextrose liessen sich vor allem Alkohol und Kohlensäure konstatieren. Die ausgeprägte, beim Kochen nicht verschwindende Säuerung in jenen Lösungen rührt von einer organischen Säure her, die man durch Ausschütteln der vergohrenen Flüssigkeit mit Aether gewinnen kann. Beim Verdunsten desselben blieb sie in Form von feinen weissen Nädelchen zurück, welche deutlich sauer schmeckten. Die chemische Natur dieser Säure habe ich nicht bestimmt, da sich zunächst nur eine sehr geringe Menge erhalten liess.

Wie ich bereits gesagt, trifft man diesen Pilz bisweilen im Safte der Zuckerfabriken, wo er den Rohrzucker nach vorheriger Invertierung in Alkohol und Säure zerlegt und dadurch schädlich wirkt. Es war für mich interessant zu untersuchen, welche Konzentrationen der Zuckerlösung der Pilz im stande ist zu ertragen und zu vergähren. Zu diesem Zwecke kultivierte ich ihn in Lösungen, die 30 %, 50 %, 70 % und 80 % Rohrzucker enthielten. Es ergab sich aus diesen Versuchen, dass *Saccharomyces Zopfii* ziemlich starke Konzentrationen erträgt und noch in 50 % Zuckerlösungen starke Gährung hervorbringt, aber in noch stärkeren Lösungen nimmt seine Gährtüchtigkeit allmählich ab.

5. Einfluss verschiedener Konzentrationen gewisser Nährsalze auf das Gährvermögen und auf die morphologischen Eigenschaften des Pilzes.

Als Grundlösung diente:

Na_2HPO_4	0,15 %
$MgSO_4$	0,1 %
$(NH_4)_2SO_4$	0,15 %
Traubenzucker	2 %

Reaktion der Lösung schwach alkalisch durch kohlensaures Natron. Lacmuszusatz als Säureindikator.

Zu dieser Grundlösung wurden die zu prüfenden Salze gegeben, nämlich je

NaCl: 0,5 %, 1 %, 3 %, 5 %, 8 %, 10 %, 12 %, 15 %.
$(NH_4)_2SO_4$: 0,5 %, 1 %, 3 %, 5 %, 8 %, 10 %, 12 %.
KH_2PO_4: 0,5 %, 1 %, 3 %, 5 %, 8 %.
$CaCl_2$: 0,5 %, 1 %, 3 %, 5 %, 8 %, 10 %, 12 %, 15 %.

Dauer der Versuche etwas über einen Monat.

Die umstehende Tabelle giebt die Resultate dieser Versuchsreihe.[1])

Aus diesen Versuchen ergeben sich folgende Thatsachen, auf welche ich aufmerksam machen möchte.

1. Der Pilz verhält sich zu den verschiedenen Salzen verschieden. Während er KH_2PO_4 ganz schlecht verträgt und schon in 3 % dieses Salzes seine Gährungsthätigkeit aufhört, entwickelt er sich viel besser in NaCl, $CaCl_2$ und $(NH_4)_2SO_4$, wo sein Gährvermögen noch in 10-prozentigen Lösungen vor sich geht und nur in 15 % kaum noch deutlich wahrnehmbar ist.

2. Die Grösse der Zellen zeigt je nach den verschiedenen Konzentrationen bedeutende Unterschiede. In 8prozentigen Lösungen von KH_2PO_4 haben die Zellen 3—4 μ, in den schwächeren Lösungen dieses Salzes 4—5, 5 μ, in den 10- und 12prozentigen Lösungen $(NH_4)_2SO_4$ 7—8 μ Durchmesser.

3. Bemerkenswert ist auch der Einfluss der Salze verschiedener Konzentration auf die Form der Zellen. In dieser Beziehung sind besonders interessant grosse Sprossverbände mit breiten Querwänden (Fig. 5), die sich in den starken Lösungen von $(NH_4)_2SO_4$ bilden und im morphologischen Abschnitt erwähnt wurden, und wenn wir uns der charakteristischen birnförmigen Zellen erinnern, die sich in der Traubenzucker Nährlösung bildeten, welche KNO_3 als N-quelle enthält (Fig. 6), so können wir sagen, dass auch hier der Einfluss des Mediums aut die Form der Zellen von *Saccharomyces Zopfii* nicht unbedeutend ist.

---

[1]) Von E. Laurent, Etudes biologiques I. Recherches physiologiques sur les levures (Ann de la société belge de Microscopie, T. XIV (1890), p. 31) habe ich leider zu spät (erst während des Druckes) Kenntnis erhalten, als dass ich sie hätte berücksichtigen können.

	0,5 %	1 %	3 %	5 %
NaCl	Gute Entwicklung. Säuerung. Gasentwicklung. Zellen klein, bis mittelgross (3 bis 4 μ), kugelig oder ellipsoidisch, fettarm. Sprossbildungen.	Gute Entwickl. Säuerung. Gasentwickl. Zellen kugelig, mittelgross (3—5 μ), fettarm. Sprossbildungen.	Gute Entwickl. Säuerung. Gasentwickl. Zellen kugelig od. ellipsoidisch, mittelgross (4—5 μ). Sprossverbände. Sporenbildung.	Zieml. gute Entwickl. Säuerung. Gasentwicklung. Zellen kugelig, mittelgross (bis 5 μ), fettarm. Spross-u. Sporenbildungen.
$(NH_4)_2SO_4$	Gute Entwicklung. Säuerung. Gasentwicklung. Zellen kugelig, gross (5—7 μ), fettarm. Spross- und Sporenbildung.	Gute Entwickl. Säuerung. Gasentwickl. Zellen kugelig, gross (5 bis 7 μ), fettarm. Spross- und Sporenbildung.	Gute Entwickl. Säuerung. Gasentwickl. Zellen kugelig, gross, fettarm. Grosse Sprossverbände. Sporenbildung.	Zieml. gute Entwickl. Säuerung. Schwache Gasentwickl. Zellen kugelig, gross (5 bis 7 μ), ziemlich fettreich. Grosse Sprossverbände. Sporenbildung.
KH_2PO_4	Entwickl. gut. Gasentwicklung. Zellen kugelig od. ellipsoidisch, mittelgross (4 bis 5,5 μ), fettreich. Sprossbildung.	Entwickl. gut. Gasentw. Zellen kugelig, mittelgross (4—5, 5 μ), fettreich. Sporenbild. Schlechtes Aussehen.	Zieml. gute Entwicklung. Keine merkliche Gasentwickl. Zellen meist. kugelig, mittelgross (4 bis 5 μ), fettreich. Sporenbildung. Schlechtes Aussehen.	Schwache Entw. Keine Gasentw. Zellen meistens kugelig, mittelgross (4—5 μ), fettreich. Sporenbild. Schlechtes Aussehen.
$CaCl_2$	Gute Entwickl. Säuerung. Gasentwickl. Zellen kugelig oder ellipsoidisch, fettarm, mittelgross (4—5 μ). Sprossbildung.	Gute Entwickl. Säuerung. Gasentwickl. Zellen kugelig od. ellipsoidisch, mittelgross (4—5 μ), fettarm. Sprossverb. Sporenbildung.	Gute Entwickl. Säuerung. Gasentwickl. Zellen kugelig od. ellipsoidisch, fettarm, mittelgr. Grosse Sprossverbände, Sporenbildung.	Gute Entwickl. Säuerung. Gasentwickl. Zellen kugelig od. ellipsoidisch, klein (3,5—4,8 μ), fettarm bis mässig fett. Sprossverb. Sporenbildung.

	8 %	10 %	12 %	15 %
NaCl	Zieml. gute Entwickl. Säuerung. Schwache Gasentwickl. Zellen kugelig, mittelgross (bis 5 μ), Inhalt homogen, zieml. fettreich. Spross- und Sporenbildung.	Zieml. schwache Entw. Säuerung. Schwache Gasentwickl. Zellen meistens kugelig od. ellipsoidisch, mittelgr. (bis 5 μ), mit homogenem Inhalt. Reichl. Sporenbildung.	Sehr schwache Entwicklung und Säuerung. Keine Gasentwicklung. Zellen meistens kugelig, mit homogenem Inhalt. Spross- und Sporenbildung.	Kaum deutliche Entwickl. Sehr schwache Säuerung. Keine Gasentwickl. Zellen kugelig, mit homogenem Inhalt. Reichl. Sporenbildung.
$(NH_4)_2SO_4$	Zieml. gute Entwickl. Säuerung. Sehr schwache Gasentwicklung. Zellen kugelig, gross (bis 7 μ), fettreich. Grosse charakteristische Sprossverbände. Sporenbildung.	Schwache Entwickl. Schwache Gasentwicklung. Säuerung. Zellen meistens kugelig od. ellipsoidisch, gross (bis 7 μ). Grosse Sprossverbände.	Sehr schwache Entw. Deutliche Säuerung. Keine deutl. Gasentw. Zellen meist. kugel. od. ellipsoid. gross (bis 8 μ), zieml. fettreich. Grosse Sprossverb. Sporenbild.	
KH_2PO_4	Sehr schwache Entwickl. Keine Gasentw. Zellen kugelig od. ellipsoidisch, klein (3—4 μ), fettreich. Der Inhalt ist abnorm.			
$CaCl_2$	Zieml. gute Entwickl. Säuerung. Gasentwicklung. Zellen kugelig od. ellipsoidisch, klein, mässig fettreich. Sprossverbände. Sporenbildungen.	Zieml. schwache Entwickl. Gasentwickl. Zellen kugelig od. ellipsoidisch, klein, fettreich. Sprossverb. Sporenbildungen.	Sehr schwache Entwicklung. Schwache Gasentwickl. Zellen m. kugelig, klein, fettreich. Sprossverb. Sporenbild. Einige Zellen mit abnorm. Inhalt.	Keine deutliche Entwickl. Keine Gasentwicklung. Zellen meistens kugelig, klein, Sprossverbände. Sporenbildung. Einige Zellen mit abnorm. Inhalt.

6. Bedingungen der Sporenbildung.

Wie ich schon im morphologischen Teile gesagt habe, kultivierte ich, um die Sporenbildung hervorzurufen, zunächst den Pilz 24 Stunden in Bierwürze, filtrierte die Zellen ab, wusch sie auf dem Filter aus und brachte sie auf sterilisierte, angefeuchtete Gypsblöckchen. Dieselben wurden verschiedenen Temperaturen ausgesetzt. Die folgende Tabelle zeigt die Resultate dieser Versuche.

Temperatur, bei welcher die Hefe kultiviert wurde.	Die Zahl der Stunden, nach welcher die Sporen bemerkt wurden. [1])
19—22° C.	70
22—23	42
29	21 (in sehr geringer Zahl)
26	45 (sehr reichlich)
20—24	45
31—32	Keine Spore
33—34	Keine Spore

Aus diesen Versuchen glaube ich schliessen zu dürfen, dass die günstigste Temperatnr für die Sporenbildung etwa bei 26—29° C. liegt, und die obere Grenze der Temperatur, bei welcher die Sporenbildung stattfindet, in der Nähe von 32° C. liegt.

Die Sporenbildung tritt aber keineswegs nur dann ein, wenn man kräftig vegetierende Zellen auf ein nährstofffreies Substrat bringt, sondern sie findet auch auf allen nährenden Substraten statt; doch scheinen einige besonders günstig zu wirken, so z. B. wenn Weinsäure als C-quelle mit KNO_3 als N-quelle kombiniert ist. In diesem Falle treten die Sporen besonders leicht und reichlich auf.

Vorstehende Untersuchung wurde im kryptogamischen Laboratorium der Universität Halle ausgeführt. Für die Freundlichkeit mit der mir Prof. Dr. Zopf das Material überliess, und mich in die Methoden solcher Pilzkulturen einführte, spreche ich genanntem Herrn hierdurch meinen ergebensten Dank aus.

[1]) Die Zahl der Stunden, nach welcher die Sporen-Anfänge auftraten, ist nicht genau anzugeben, schon weil diese Anfänge überhaupt sehr schwer wahrzunehmen sind.

UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

DIE KRYSTALLINISCHEN FLÜSSIGKEITEN.

VON

RUDOLF SCHENCK.

Mit 4 Textbildern.

Einleitung.

Die Frage nach der Beschaffenheit der Krystallmoleküle hat im Laufe der letzten Jahre die wissenschaftlichen Kreise mehrfach beschäftigt.

Während Bestimmungen des Molekulargewichtes für gasförmige und gelöste Körper schon längst ein wichtiges Hilfsmittel für chemische Forschungen geworden sind, während wir durch die Arbeiten von Ramsay,[1] Shields und Aston über das Molekulargewicht der Flüssigkeiten auf das beste orientiert sind, beschränkt sich unsere Kenntnis von der molekularen Konstitution der krystallisierten Körper auf einige ganz spezielle Fälle.

Es war früher fast allgemein die Annahme verbreitet, dass die Moleküle der Flüssigkeiten sowohl wie die der festen krystallisierten Körper aus Aggregaten von chemischen Molekülen beständen, der Unterschied zwischen Flüssigkeiten und Krystallen wurde zurückgeführt auf die verschiedenen Grössen dieser Molekülcomplexe.

Van der Waals machte es nun in seiner berühmten Abhandlung „Die Kontinuität des flüssigen und gasförmigen Zustandes" sehr wahrscheinlich, dass diese Anschauung nicht richtig ist. Er stellt unter der Annahme, dass im gasförmigen und flüssigen Zustande das Molekulargewicht das gleiche ist, die Abhängigkeit des Volumens von Druck und Temperatur dar durch die Gleichung

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)\left(v - b\right) = R.\,T.$$

---

[1]) Ztschr. f. phys. Chem. 12, 433, 15, 98.

Löst man nach v auf, so erhält man eine Gleichung die nach v vom dritten Grade ist. Es bestehen also, wenn wir p und T als konstant ansetzen drei Werte von v, welche der Gleichung genügen. Der eine Wert nun kommt dem gasförmigen, der zweite dem flüssigen, der dritte einem sehr labilen bisher völlig unbekannten Zustand zu.

Die Richtigkeit dieser Gleichung ist experimentell untersucht worden und es hat sich herausgestellt, dass sie bei einigen Körpern, den thatsächlichen Verhältnissen entspricht. Es giebt aber Fälle, wo sich eine erhebliche Differenz zwischen Theorie und Erfahrung zeigt. Man nimmt nun an,[1]) dass der Grund dieser Abweichungen die Bildung komplizierter Moleküle sei, hat man doch auch bei gasförmigen Körpern, z. B. dem Dampf der Essigsäure, abnorme Dampfdichten aufgefunden, die kaum anders als durch Bildung von Doppelmolekülen zu erklären sind.

An diese VAN DER WAALSsche Theorie und ihre Erweiterung, die Theorie der übereinstimmenden Zustände schliessen sich die Untersuchungen von RAMSAY und SHIELDS über das Molekulargewicht der Flüssigkeiten an, auf die wir weiter unten noch etwas näher einzugehen haben.

Diese beiden Forscher fanden, dass für eine sehr grosse Anzahl von Flüssigkeiten das Molekulargewicht mit dem chemischen übereinstimmt. Abweichungen zeigen die hydroxylhaltigen Körper, namentlich die Alkohole und fetten Säuren, aber diese haben ja auch im gasförmigen Zustande die Tendenz komplexe Moleküle zu bilden.

Für die krystallisierten Körper nimmt O. LEHMANN[2]) ebenso wie für die Flüssigkeiten an, dass sie chemische Verbindungen verschieden grosser Mengen einfacher chemischer Moleküle seien, er wurde zu dieser Anschauung geführt durch die Betrachtung der Molekularverbindungen, zu denen er die Krystallwasserverbindungen und Doppelsalze rechnet, und er versucht es aus dieser Annahme heraus die Erscheinungen des Schmelzens und Erstarrens zu erklären.

GROTH[3]) glaubt ebenfalls auf Grund der elastischen Erscheinungen

---

[1]) cf. NERNST. Theoret Chemie pg. 205.

[2]) Molekularphysik II, 441.

[3]) Ueber die Molekülarbeschaffenheit der Krystalle. München 1888, p. 14.

an Krystallen annehmen zu müssen, dass die Krystallmoleküle aus Komplexen chemischer Moleküle bestehen.

Diesen Anschauungen der sogenannten Molekulartheorie stehen nun aber Erfahrungen entgegen, die durch die Untersuchung isomorpher Mischungen gewonnen wurden. Wir müssen annehmen, dass sich die Komponenten einer solchen Mischung an der Bildung isomorpher Mischkrystalle in gleicher Weise beteiligen und ihre Moleküle in dem Krystall eine gleiche Rolle spielen. Haben wir nun in solchen Mischkrystallen von der einen Komponente wenig, während die andere im grossen Ueberschuss vorhanden ist, so lassen sich auf ein solches System nach VAN T'HOFF die Gesetze der verdünnten Lösungen anwenden, wir haben ja nichts anderes vor uns als eine verdünnte feste Lösung; diese Verhältnisse gestatten uns die Bestimmung des Molekulargewichtes der gelösten Substanz und somit einen Einblick in den Aufbau der Krystalle. Es zeigte sich dabei, dass das Molekulargewicht im krystallisierten Zustand von dem der Flüssigkeiten und Gase nicht verschieden zu sein braucht.

So fand F. W. KÜSTER[1]) bei der Bestimmung des Verhältnisses der Verteilung von β-Naphtol zwischen Wasser und festem Naphtalin, sowie aus der Löslichkeitsverminderung des Naphtols in Wasser durch Zusatz von Naphtalin zum Naphtol, dass beiden Körpern im festen Zustand das Doppelte ihres chemischen Molekulargewichtes zukommt. Ferner berechnete A. FOCK[2]) auf Grund von Messungen über die Löslichkeit der Mischkrystalle einiger isomophor Salzpaare von W. MUTHMANN, O. KUNTZE und M. HERTZ,[3]) dass phosphorsaures und arsensaures Kalium das einfache, Kaliumchlorat und Kaliumpermanganat das doppelte Molekulargewicht im festen Zustande haben. Wir sehen, es herrschen hier ganz ähnliche Verhältnisse wie bei Flüssigkeiten und Gasen.

Einheitliche Krystalle waren bisher der Untersuchung unzugänglich.

Es erschien mir nun für die angegebene Frage von Wichtigkeit zu sein, dass wir Körper kennen, bei denen die krystallinische Beschaffenheit nicht an den festen Aggregatzustand geknüpft ist.

---

[1]) Ztschr. f. phys. Chem. 17; 357.

[2]) Ber. der Deutschen Chem. Ges. 28, 2734—2742.

[3]) Ztschr. f. Krystallogr. 23, 368.

REINITZER[1]) beobachtete vor einigen Jahren beim Cholesterylbenzoat eine eigentümliche flüssige aber trübe Modifikation, die bei gekreuztem Nicols hell erscheint, also doppeltbrechend ist. Das optische Verhalten dieses Körpers, wie auch das einiger von GATTERMANN[2]) aufgefundener Substanzen, bei denen ganz ähnliche Erscheinungen auftreten, wurde dann in eingehender Weise von O. LEHMANN[3]) untersucht. Dabei zeigte sich nun, dass die fraglichen Modifikationen tropfbar flüssig sind, und dass freie Tröpfchen die Struktur von Sphärokrystallen besitzen, und wie Sphärokrystalle bei gekreuzten Nicols das schwarze Kreuz zeigen.

Es ist also kein Zweifel, dass wir es hier mit flüssigen Krystallen zu thun haben und es bestand die Hoffnung, von ihnen ausgehend etwas näheres über den Aufbau einheitlicher Krystalle zu erfahren, da sie ja als Flüssigkeiten der experimentellen Untersuchung ganz andere Angriffspunkte bieten als starre Körper.

Es ist aber noch ein weiterer Punkt, der diese Körper sehr interessant macht. Erwärmt man nämlich die trübe Flüssigkeit, so gelangt man zu einem Temperaturpunkt, bei welchem die trübe Phase klar wird und beobachtet man diesen Vorgang unter dem Polarisationsmikroskop, so erkennt man, dass dabei aus der doppeltbrechenden eine isotrope Flüssigkeit wird. Allen Beobachtern fiel die Aehnlichkeit dieses Umwandlungspunktes mit einem Schmelzpunkt auf.

Wir haben also hier zwei flüssige isomere Modifikationen. Dass es sich dabei nicht wohl um tautomere oder geometrisch isomere Modifikationen handeln kann, dass ist schon von GATTERMANN[4]) für die von ihm entdeckten Substanzen, einige p-Azoxyphenoläther sehr wahrscheinlich gemacht worden. Sie sind zu betrachten als physikalisch isomere Modifikationen und stehen zu einander etwa in dem Verhältnis wie der rhombische Schwefel zu dem monoklinen. Sie werden von LEHMANN angesprochen als „enantiotrope“ Modifikationen.

[1]) Monatschr. f. Chem. 9 (1888) p. 435.

[2]) Ber. der Deutschen Chem. Ges. 23, 1738.

[3]) Ztsch. f. phys. Chem. 4, 462, 5, 427 ff. Ber. der Deutschen Chem. Ges. 23, 1745. Wied. Ann. 40 (1890), 401 ff.

[4]) Ber. der Deutschen Chem. Ges. 23, 1737.

Auch für die Frage nach dem Unterschied physikalisch isomerer Phasen hoffte ich durch die Untersuchung der krystallinischen Flüssigkeiten einiges Neue beitragen zu können.

Die Frage nach der Ursache der Verschiedenheit physikalisch isomerer Modifikationen steht in gewisser Beziehung zu der oben erörterten betr. die Ursache der Verschiedenheit zwischen krystallisierten Körpern und Flüssigkeiten. Auch hier stehen sich zwei Meinungen gegenüber: „Die chemischen in jeder Beziehung identischen Moleküle sind nach verschiedenen Gesetzen orientiert oder sie sind zu Molekularaggregaten verschiedener Grössen vereinigt." (ZINCKE, Lieb. Ann. 182, 244). Es war namentlich die zweite Annahme, die sich bis in die letzte Zeit der grösseren Beliebtheit bei Chemikern und Mineralogen zu erfreuen hatte.

So schreibt A. NAUMANN[1]) „man ist also genötigt, wenigstens für die in verschiedenen Krystallformen vorkommenden, für die polymorphen Körper, die Moleküle im festen Zustand aufzufassen als Molekülverbindungen nach festen, wenn auch noch unbekannten Verhältnissen einer grösseren Zahl von Gasmolekülen oder kleinstdenkbaren Molekülen." Einen ähnlichen Standpunkt vertritt auch O. LEHMANN in seiner Molekularphysik, in der sich übrigens eine sehr vollständige Zusammenstellung der Litteratur über diesen Gegenstand findet, deren Aufzählung hier zu weit führen würde.

In neuerer Zeit macht sich eine Bewegung geltend zu gunsten der ersten Annahme und zwar veranlasst durch die Erfahrungen, die man bei der Untersuchung der isomorphen Mischkrystalle gemacht hatte. So kommt F. W. KUESTER[2]) gelegentlich der Untersuchung der physikalisch isomeren Modifikationen des Hexachlor-α-keto-β-R-pentens zu dem Schlusse,[3]) dass die Verschiedenheit der krystallisierten Formen nur auf verschiedene Anordnung identischer Moleküle zurückzuführen

[1]) Ueber die Molekularverbindungen nach festen Verhältnissen. Heidelberg 1872, p. 53.

[2]) Ztschr. f. phys. Chem. 18, 167.

[3]) MEYER, Jahrb. Chemie 5 (1895) p. 61.

ist. Ebenso ganz neuerdings K. SCHAUM.[1]) Sie stützen sich dabei auf die Thatsache, dass die Dämpfe, die Lösungen und Schmelzflüsse physikalisch isomerer Modifikationen identisch sind.

Die vorliegende Arbeit behandelt die Vorgänge bei dem Uebergang der doppeltbrechenden Flüssigkeit in die isotrope und giebt eine Vergleichung beider Phasen bez. ihrer molekularen Oberflächenenergie, deren Temperaturcoefficient ja, wie RAMSAY und SHIELDS gezeigt haben, das Molekulargewicht flüssiger Körper zu ermitteln gestattet. Für diese Messungen wurde ein einfacher Apparat konstruiert, der die Bestimmung des Molekulargewichtes von Flüssigkeiten in sehr bequemer Weise ermöglicht. Auch eine weitere sehr scharfe Methode zur Bestimmung des Molekulargewichtes gelöster Körper wurde bei diesen Untersuchungen aufgefunden. Die Depression des Umwandlungspunktes der beiden flüssigen Phasen nach Zusatz fremder Substanzen ist ausserordentlich gross und eignet sich sehr gut zur Molekulargewichtsbestimmung an organischen Substanzen.

Das Untersuchungsmaterial.

Die Zahl der Körper, bei denen eine flüssige krystallinische Modifikation besteht, ist zur Zeit sehr gering, es sind dies das Cholesterylbenzoat, ferner die von GATTERMANN dargestellten p-Azoxyphenoläther; das p-Azoxyanisol, das p-Azoxyphenetol, sowie eine Substanz, bei welchem die Azoxygruppe einerseits mit einem Anisolrest, andererseits mit einem Phenetolrest verbunden ist.

Als Materialien für die vorliegende Abhandlung dienten mir die drei erst genannten Körper.

Das Cholesterylbenzoat wurde nach der REINITZERschen Vorschrift durch $1^1/_2$ stündiges Erhitzen von Cholesterin und Benzoesäureanhydrid auf 150—160° dargestellt und durch mehrfaches Umkrystallisieren aus Benzaldehyd und nachfolgendes Waschen mit Alkohol gereinigt. Das

[1]) K. SCHAUM, Die Arten der Isomerie; Habilitationsschrift. Marburg 1897.

so hergestellte Präparat war sehr schön krystallisiert und schmolz bei 145,5° zu der trüben Flüssigkeit, die bei 178° in die klare, vollständig farblose Modifikation überging.

Wurden grössere Mengen geschmolzen und die Schmelze dann langsam abgekühlt, so zeigte sich sowohl beim Uebergang der isotropen in die doppeltbrechende, als auch beim Festwerden die schon von REINITZER und O. LEHMANN beobachtete prächtige Farbenerscheinung in wundervollster Weise.

Das p-Azoxyanisol erhielt ich nach der Vorschrift von GATTERMANN und RITSCHKE[1]) durch Reduktion von p-Nitrophenetol — welches mir die Farbenfabriken vorm. FR. BAYER und Co. in Elberfeld in liebenswürdigster Weise überliessen und denen ich daher zu grossem Danke verpflichtet bin — mit methylalkoholischem Kali, wobei eine höchst merkwürdige Verdrängung der Aethylgruppe durch die Methylgruppe stattfindet. Nach mehrmaliger Behandlung der methylalkoholischen Lösung mit Tierkohle und oftmaligem Umkrystallisieren aus Essigäther zeigte die Substanz den Schmelzpunkt 116°, den Umwandlungspunkt 135,5°.

In ganz derselben Weise wurde das p-Azoxyphenetol durch Reduktion von Nitrophenetol mit äthylalkoholischem Kali erhalten. Die gereinigte Substanz zeigte den Schmelzpunkt 134,5°, den Umwandlungspunkt 165,2°.

Dichtebestimmungen.

Zur Bestimmung der Oberflächenspannung bezw. der molekularen Oberflächenenergie der beiden flüssigen Phasen ist es notwendig die Dichten derselben zu kennen. Ich habe daher eine Reihe von Dichtemessungen an den drei genannten Körpern ausgeführt und dabei zugleich die Volumänderung, welche beim Umwandlungspunkt der doppeltbrechenden in die isotrope Flüssigkeit stattfindet, mit bestimmt. Die Dichten wurden bei verschiedenen Temperaturen untersucht, die Ausführung geschah in folgender Weise.

Ich bediente mich eines Pyknometers von ungefähr 4 cm² Inhalt,

[1]) Ber. der Deutschen Chem. Ges. 23, 1738.

an welches ein langer enger Hals angesetzt war, auf welchem sich eine mm-Skala befand. Dieses Gefäss wurde, nachdem durch Auswägen mit Quecksilber der Inhalt und der Volumwert eines Skalenteils ermittelt war, mit der festen Substanz beschickt und gewogen. Dann wurde in einem Oelbade die Substanz geschmolzen und das Pyknometer mittels eines Stopfens in dem Heizgefäss (cf. Abbildung p. 20 B.) befestigt. Das Heizgefäss, in welchem leicht verschiedene Temperaturen hergestellt werden können, wird weiter unten näher beschrieben werden.

Bei einer bestimmten Temperatur wurde der Stand der Flüssigkeit im Halse des Pyknometers abgelesen und hieraus unter Berücksichtigung der Correctionen für die Wärmeausdehnung des Gefässes, der Luftverdrängung desselben und der Gewichte und unter Rücksichtnahme auf den Meniscus der Flüssigkeit die Dichte berechnet nach der Formel:

$$s = \frac{m}{\left\{V + (a + b)v\right\}\left\{1 + \frac{T - t}{40000}\right\}}$$

wo m das Gewicht der Substanz

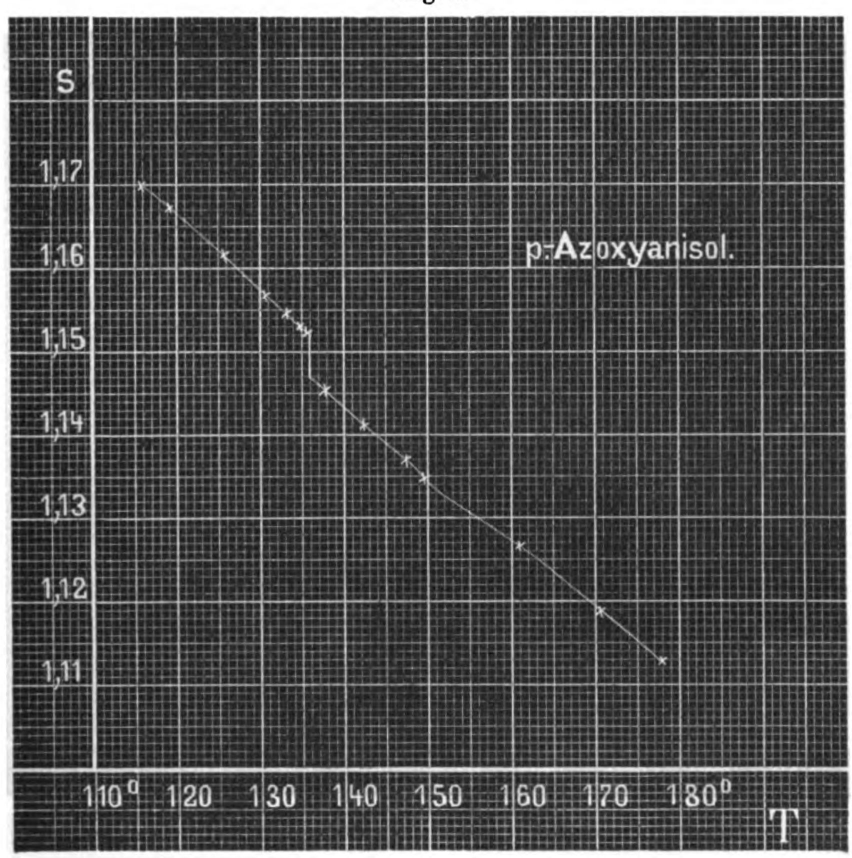
- V das Volumen des Pyknometers bis zur Nullmarke bei der Zimmertemperatur t.
- v das Volumen des Intervalles zwischen zwei Teilstrichen am Halse des Pyknometers bei t°.
- a der Teilstrich, auf welchen der Meniscus bei der Beobachtungstemperatur einsteht.
- b die Correction bez. des Meniscus.
- T die Beobachtungstemperatur bedeutet.

In den nun folgenden Tabellen sind die gefundenen Dichtwerte aufgeführt, welche den gezeichneten Curven zu Grunde liegen.

p-Azoxyanisol.

anisotrope Phase		isotrope Phase	
T	s	T	s
116,1	1,1697	137,2	1,1454
119,1	1,1673	142,4	1,1414
125,6	1,1621	147,3	1,1372
130,8	1,1569	149,6	1,1349
133,4	1,1549	161,2	1,1262
134,9	1,1528	170,3	1,1192
135,2	1,1525	177,7	1,1129

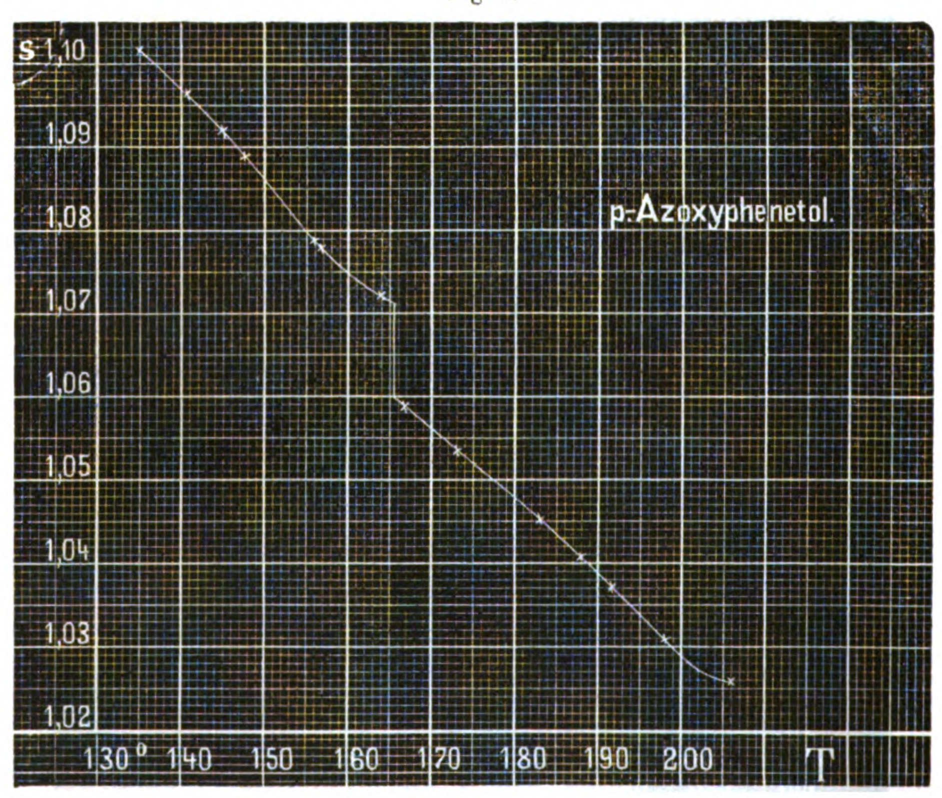
Fig. 1.



p-Azoxyphenetol.

anisotrope Phase		isotrope Phase	
T	s	T	s
135,0	1,1013	167,5	1,0589
140,6	1,0973	173,1	1,0540
145,0	1,0917	182,2	1,0455
148,0	1,0887	187,5	1,0408
155,6	1,0789	191,6	1,0369
156,4	1,0781	198,0	1,0310
163,8	1,0726	206,0	1,0265

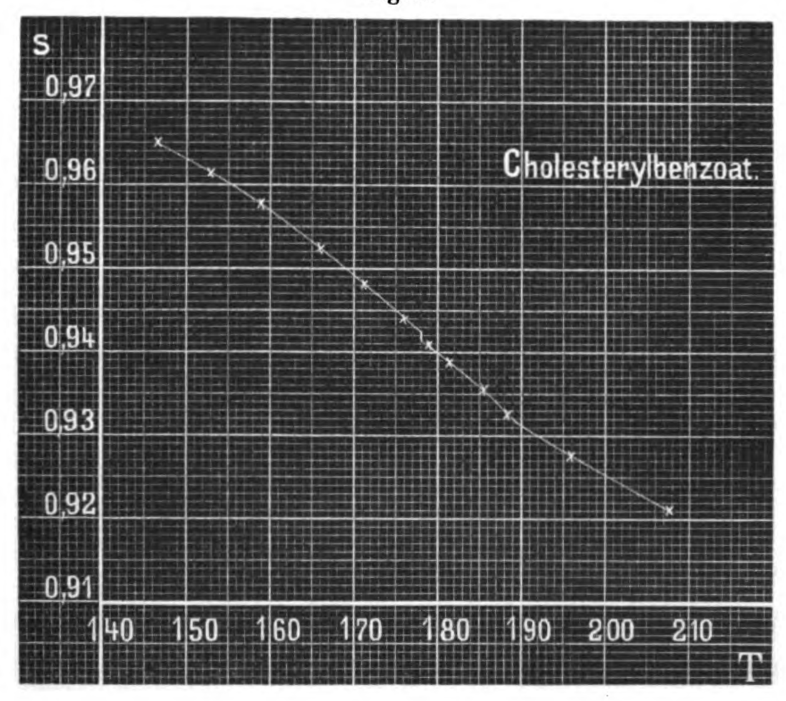
Fig. 2.



Cholesterylbenzoat.

anisotrope Phase		isotrope Phase	
T	s	T	s
146,8	0,9649	179,0	0,9408
153,2	0,9615	181,2	0,9386
159,2	0,9574	185,4	0,9354
166,0	0,9530	188,5	0,9323
171,2	0,9486	196,4	0,9274
176,0	0,9442	208,0	0,9211

Fig. 3.



Betrachten wir die Curven, welche uns die Abhängigkeit der Dichte von der Temperatur darstellen, so fällt uns beim p-Azoxyanisol und beim p-Azoxyphenetol die plötzliche Veränderung auf, welche die Dichte bei einer bestimmten Temperatur erleidet, es ist dies diejenige Temperatur, bei der die doppeltbrechende Modifikation in die isotrope übergeht. Dieser Uebergang ist also mit einer nicht unbeträchtlichen Volumenzunahme verbunden.

Das spezifische Volumen wächst beim

$$\text{p-Azoxyanisol von } \frac{1}{1{,}1502} \text{ bis } \frac{1}{1{,}1452}$$

Das spezifische Volumen wächst beim

$$\text{p-Azoxyphenetol von } \frac{1}{1{,}0703} \text{ " } \frac{1}{1{,}0585}$$

Weniger stark ausgeprägt ist dieses Verhalten beim Cholesterylbenzoat, wenn wir uns aber die Curve genauer ansehen, so können wir doch eine Aenderung bemerken; unterhalb der Umwandlungstemperatur nämlich kehrt die Curve der Abscissemasse die konkave, oberhalb derselben die konvexe Seite zu.

Molekulare Erniedrigung des Umwandlungspunktes und Umwandlungswärme.

Wie voraus zu sehen war, wird durch Auflösung fremder Substanzen in der isotropen Flüssigkeit der Umwandlungspunkt erniedrigt. Machen wir die Voraussetzung, dass bei der Umwandlung der isotropen Phase in die anisotrope die letztere rein zur Ausscheidung gelangt, ohne etwas von dem gelösten Körper zurückzuhalten, so können wir auf diesen Fall der Umwandlung offenbar die gleiche Betrachtung anwenden, wie sie VAN T'HOFF[1]) für die Schmelzpunktsveränderung angestellt hat. Die Form der Ableitung schliesst sich an die an, welche OSTWALD[2]) in seinem Lehrbuche bei der Besprechung der Beziehung zwischen Schmelzpunktserniedrigung und Schmelzwärme giebt.

Wir denken uns n Moleküle eines Stoffes aufgelöst in N Molekülen der isotropen Flüssigkeit. Die Umwandlungstemperatur des reinen Lösungsmittels sei T^0.

Wir führen einen umkehrbaren Kreisprozess aus, wir erniedrigen die Temperatur, bis die Ausscheidung der anisotropen Phase beginnt, die Erniedrigung sei $\triangle$.

Wir lassen soviel zur Ausscheidung gelangen als vorher zur Lösung eines Moleküles der Substanz gedient hatte und machen die

---

[1]) Ztschr. f. phys. Chem. 1, 497.

[2]) Lehrb. 1, p. 759.

Annahme, dass das N gegenüber der ausgeschiedenen Menge sehr gross sei, so dass die Konzentration der übrigbleibenden isotropen Flüssigkeit durch die Ausscheidung als nicht verändert betrachtet werden kann. Durch die Ausscheidung der anisotropen Phase wird Wärme frei. Die Anzahl der ausgeschiedenen Moleküle der anisotropen Phase ist $\frac{N}{n}$ Bezeichnen wir die molekulare Umwandlungswärme mit λ, so ist die freigewordene Wärmemenge $\frac{N}{n} . \lambda$.

Jetzt trennen wir anisotrope Flüssigkeit und isotrope Lösung von einander und erwärmen beide auf T^0 und wandeln dann die anisotrope Phase wieder in die isotrope um, wobei wir die Wärmemenge $\frac{N}{n} . \lambda$ wieder zuführen müssen.

Nun handelt es sich um die Ermittelung der Arbeit, welche bei dem Kreisprozess gewonnen wird. Zu dem Zwecke bringen wir die umgewandelte Flüssigkeitsmenge, die nach unserer oben gemachten Annahme keine Substanz mehr gelöst enthält, durch eine halbdurchlässige Wand in Verbindung mit der Lösung. Die gelöste Substanz übt einen Druck auf die Wand aus, den osmotischen Druck p, und das reine Lösungsmittel wird in die Lösung hineingesaugt. Ist das Volumen derselben v, so ist die zum Hineinsaugen dieses Volumens aufgewendete Arbeit p . v.

Aus dem zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie folgt nun für unseren Fall:

$$p . v : \frac{N}{n} . \lambda = \triangle : T$$

Wenden wir jetzt für den Körper die allgemeine Gasgleichung an

$$p . v = R . T,$$

so folgt

$$\triangle = R . \frac{n}{N} . \frac{T^2}{\lambda}$$

oder in calorischem Masse

$$\triangle = 2 . \frac{n}{N} . \frac{T^2}{\lambda}$$

Setzen wir n gleich ein g-Molekül, nennen u die Umwandlungswärme für die Masseneinheit des Lösungsmittels und beziehen alles

auf 100 g Lösungsmittels, so erhalten wir die molekulare Depression des Umwandlungspunktes in 100 g Lösungsmittel in der Form

$$\triangle = 0{,}02 \, . \frac{T^2}{u}$$

hieraus ergiebt sich die Umwandlungswärme

$$u = 0{,}02 \, . \frac{T^2}{\triangle}.$$

Beim p-Azoxyanisol, von dem mir grössere Mengen zur Verfügung standen, habe ich diese Constanten bestimmt. Der Umwandlungspunkt lag bei mehreren Bestimmungen an sehr reinem Material bei 135,5°. Die absolute Temperatur des Punktes ist also

$$T = 273 + 137{,}12 = 408{,}5^0$$

Die Bestimmungen wurden ausgeführt in einem BECKMANNschen Gefrierpunktsapparate. Als Thermometer wurde ein von der Phys.-Techn. Reichsanstalt geprüftes 0,1° Thermometer verwendet, da die Skala eines BECKMANNschen Thermometers bei der eminenten Grösse der Depression sich als zu klein erwies. Als Abkühlungsbad diente ein Glycerinbad, dessen Temperatur auf 1 bis 2° unter dem Umwandlungspunkt gehalten wurde.

Eine abgewogene Menge p-Azoxyanisol wurde dann in dem Glasstiefel einige Grad über den Umwandlungspunkt erhitzt und darauf in den Appart eingesetzt und langsam abgekühlt. Es tritt zunächst an der Oberfläche die Bildung der trüben Modifikation auf, diese verschwindet aber beim Umrühren, man kühlt nun solange ab, bis die Trübung beim Umrühren eben stehen bleibt und liest die Temperatur ab, der Stand des Quecksilbers bleibt dabei einige Augenblicke konstant.

Dasselbe Verfahren wird nun wiederholt nach Zufügung von Substanz und die Temperatur der Umwandlung wieder abgelesen.

Die Berechnung der molekularen Depressionskonstante erfolgt nach der Formel

$$\triangle = \frac{M \, . \, L \, . \, d}{m \, . \, 100}$$

wo M das Molekulargewicht der gelösten Substanz,
m deren Gewicht,

L das Gewicht des Lösungsmittels
d die beobachtete Depression bedeutet.

Im folgenden nun sind einige solcher Bestimmungen mit indifferenten Körpern aufgeführt, ich will nur noch bemerken, dass die verwendeten Substanzen sehr rein, frisch destilliert und von konstantem Siedepunkte waren.

	L.	m.	d.	△.	u.
Oxalsäurediäthylester $C_6H_{10}O_4$ M = 146	9,28	0,0461	2,60°	764,2	
	„	0,1070	5,82	754,1	
	„	0,1501	7,97	719,4	
			Mittel	745,9	4,474 cal.
Phtalsäurediäthylester $C_{12}H_{14}O_4$ M = 222	9,34	0,0386	1,42	763,0	
	„	0,1012	4,02	823,7	
	„	0,1636	6,70	859,4	
			Mittel	812,9	4,110 cal.
Thymol. $C_{10}H_{14}O$ M = 150.	10,19	0,0215	1,04[6]	739,1	
	„	0,0424	2,13	757,6	
	„	0,0644	3,21	756,1	
			Mittel	756,1	4,403 cal.
Carvacrol. $C_{10}H_{14}O$ M = 150.	10,45	0,0368	1,80	766,9	
	„	0,0739	3,61	765,8	
			Mittel	766,3	4,355 cal.
Carvol. $C_{10}H_{14}O$ M = 150.	9,80	0,0337	1,72	745,2	
	„	0,0662	3,31	734,8	
	„	0,1143	5,74	738,2	
			Mittel	734,4	4,514 cal.

Als Hauptmittel ergiebt sich hieraus für die molekulare Depression des Umwandlungspunktes

$$\triangle = 763{,}9$$

und die Umwandlungswärme zu

$$u = 4{,}37 \text{ cal.}$$

Es giebt aber auch Körper, bei denen die Beobachtungen stark abweichende Resultate für die Depressionskonstante geben z. B. der Salicylsäuremethylester.

Salicylsäuremethylester	L.	m.	d.	△.
$C_8H_8O_3$	10,65	0,6999	2,72°	629,9
M = 152.		0,1503	5,65	608,4
		0,1951	7,52	599,1
				Mittel 612,1

Die Depressionen sind also zu klein, dieses Verhalten kann durch zwei Ursachen bedingt sein, entweder bildet der Salicylsäuremethylester in der Lösung komplexe Moleküle oder aber er wird zum Teil durch die ausgeschiedene anisotrope Flüssigkeit gelöst und dann läge hier eine Erscheinung vor, die ihr Analogon hat in der Ausscheidung fester Lösung beim Frieren.

Die beiden Phasen bilden in diesem Falle zwei mit einander nicht mischbare Flüssigkeiten, zwischen denen sich der gelöste Körper nach einem gewissen durch seine Natur bedingten, von der Konzentration unabhängigen Verhältnis verteilt. Von der Grösse dieses Verhältnisses wird die Depression des Umwandlungspunktes mit beeinflusst.

Das beschriebene Verfahren lässt sich nun natürlich auch umkehren und benutzen zur Bestimmung noch unbekannter Molekulargewichte von gelösten Stoffen und es dürfte sich diese Methode bei der bedeutenden Grösse der Depressionskonstante sehr empfehlen. Die Berechnung geschieht nach der Formel

$$M = \frac{763{,}9 \cdot m \cdot 100}{L \cdot d}$$

Das p-Azoxyanisol ist leicht zugänglich, denn das Ausgangsmaterial dafür, das p-Nitrophenetol, wird in der Technik im Grossen zur Herstellung des Phenacetins bereitet.

Auch einige andere Erscheinungen, welche die Theorie für die Umwandlungspunkte fordert, kann man bei dem Uebergang der isotropen in die trübe „anisotrope" Phase beobachten. Herr Prof. LEHMANN teilte mir brieflich mit, dass er schon vor einiger Zeit einen Apparat konstruiert habe, der die Aenderung des Uebergangspunktes durch Druck leicht zu beobachten gestattet.

Molekulare Oberflächenenergie.

Vor einigen Jahren veröffentlichten RAMSAY[1]) und SHIELDS eine grosse Zahl von Bestimmungen des Molekulargewichts flüssiger Körper. Sie gingen dabei aus von der Thatsache, dass sich die Beziehung zwischen der scheinbaren molekularen Oberflächenenergie — der Differenz zwischen der molekularen Oberflächenenergie der Flüssigkeit und der des gesättigten Dampfes — und der Temperatur darstellen lässt durch die lineare Gleichung

$$\gamma \,.\, (M \,.\, v)^{\frac{2}{3}} = k\,(\tau - d)$$

und zwar gilt diese Gleichung für eine sehr grosse Anzahl von Flüssigkeiten; es bedeutet darin

γ die Oberflächenspannung in Dynen,
$(M \,.\, v)^{\frac{2}{3}}$ die molekulare Oberfläche in cm^2
k eine Konstante
τ die vom kritischen Punkt abwärts gezählte Temperatur
d eine Correctionsgrösse von nahe 5^0, welche von τ abgezogen werden muss.

Die Konstante k, der Temperaturcoefficient der molekularen Oberflächenenergie ist für eine grosse Zahl von Flüssigkeiten gleich und nahe 2,12. Es finden sich jedoch auch Ausnahmen, wo k kleiner ist als der angegebene Wert und hauptsächlich sind das solche Flüssigkeiten, die wie die Fettsäuren und Alkohole auch im gasförmigen und gelösten Zustand die Tendenz zeigen komplexe Moleküle zu bilden.

Diese anomalen Fälle lassen sich aber durch folgende Gleichung, die von J. ROSE-JNNES[2]) aufgestellt ist, darstellen

---

[1]) Ztschr. f. phys. Chem. 12, 433.
[2]) Ztschr. f. phys. Chem. 15, 111.

$$\gamma \cdot (M \cdot v)^{\frac{2}{3}} = \frac{k \cdot (\tau - d)}{1 + \mu \cdot \tau}, \tag{1}$$

wo μ eine für die betreffende Substanz charakteristische Konstante bedeutet.

RAMSAY ermittelt den Associationsgrad nun auf folgende Weise. Er nimmt an, dass die Flüssigkeit aus komplexen Molekülen bestehe und x eine Zahl ist, welche angiebt wie viel chemische Moleküle zu einem Molekülaggregat vereinigt sind, dann ist

$$\gamma \cdot (x \cdot M \cdot v)^{\frac{2}{3}} = 2{,}121\ (\tau - d)$$

hieraus folgt

$$\gamma \cdot (M \cdot v)^{\frac{2}{3}} = \frac{2{,}121 \cdot (\tau - d)}{x^{\frac{2}{3}}}$$

hieraus und aus Gleichung 1.) ergiebt sich dann

$$\frac{k}{1 + \mu \cdot \tau} = \frac{2{,}121}{x^{\frac{2}{3}}}$$

oder

$$x = \left\{\frac{2{,}121}{k} \cdot (1 + \mu \cdot \tau)\right\}^{\frac{3}{2}}.$$

Zur Berechnung von x ist also erforderlich die Kenntniss von k, μ und τ. τ war die von der kritischen Temperatur abwärts gezählte Temperatur. Bezeichnen wir mit T den kritischen Punkt mit t die Beobachtungstemperatur, so ist

$$\tau = T - t$$

wir müssen also auch die kritische Temperatur kennen. Diese ist natürlich nicht immer bestimmbar. Häufig kommt es jedoch nur darauf an, zu wissen, ist die Flüssigkeit stark, schwach oder gar nicht associirt und über diese Frage geben uns schon die Werte von k Aufschluss, ein Mass dafür ist die Abweichung von dem Werte k = 2,12. Es ist

$$k = \frac{\gamma_1 (M \cdot v_1)^{\frac{2}{3}} - \gamma_2 (M \cdot v_2)^{\frac{2}{3}}}{t_2 - t_1}.$$

Diese Methode der Molekulargewichtsbestimmung hängt auf das engste zusammen mit der VAN DER WAALS'schen Theorie der übereinstimmenden Zustände und diese gilt natürlich nur für die isotropen Flüssigkeiten. Wenn es nun auch nicht zulässig ist, diese Anschauungen ohne weiteres auf die krystallinischen Flüssigkeiten zu übertragen, so war es doch immerhin interessant die molekularen Oberflächenenergieen der beiden Flüssigkeitsarten mit einander zu vergleichen.

Und ich glaube, der Schluss ist nicht zu gewagt: „Sind die molekularen Oberflächenenergieen der beiden Flüssigkeitsarten sowie ihre Temperaturcoefficienten nicht stark von einander verschieden, so können auch die Molekulargewichte in beiden Phasen nicht erheblich von einander abweichen."

Um die Grösse $\gamma . (M . v)^{\frac{2}{3}}$, die molekulare Oberflächenenergie, zu ermitteln, müssen wir die Grössen γ und v bestimmen. Das spezifische Volumen v erhält man einfach durch die Beziehung

$$v = \frac{1}{s},$$

wo s die Dichte bedeutet. Die Oberflächenspannung γ wird berechnet aus der capillaren Steighöhe nach der Gleichung

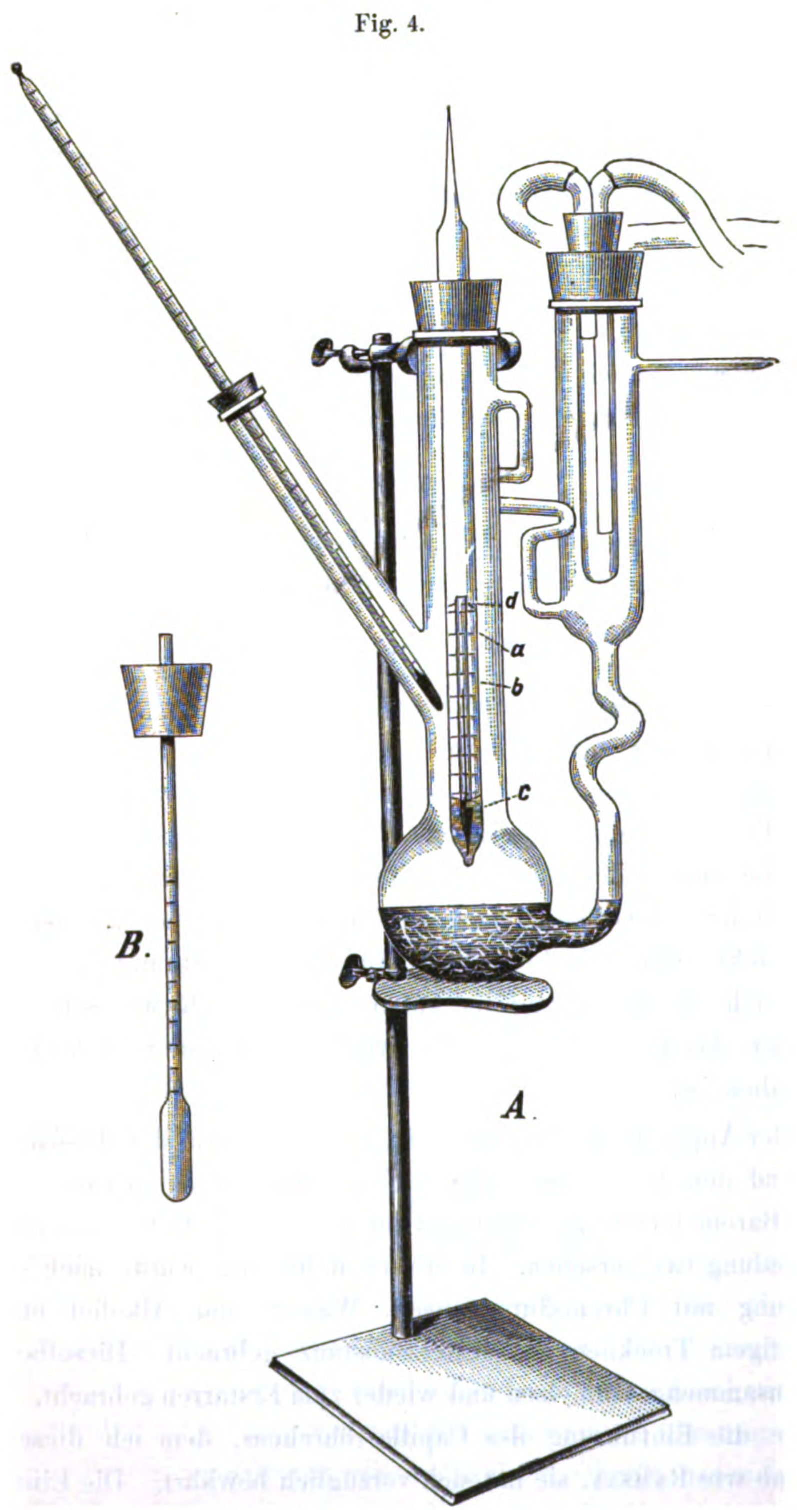
$$\gamma = \frac{1}{2} . g . r . h . (s - \sigma)$$

wo g die Beschleunigung der Schwere
r den Radius der Capillare
h die Steighöhe
s die Dichte der Flüssigkeit
σ die Dichte des Gases über der Flüssigkeit bedeutet.

Die letztere Grösse können wir für unsere Körper vernachlässigen, da sie sehr schwer flüchtig sind. Für die Beobachtung der Steighöhe wählte ich eine Anordnung der Apparate, die der Ramsayschen ähnlich ist, aber das Kathetometer entbehrlich macht und weit bequemer zu handhaben ist.

Der Apparat (cf. Abbildung Fig. 4 A) besteht aus dem Beobachtungsrohr und dem Heizgefäss. Das Beobachtungsrohr (b) wurde aus einem Stück Barometerrohr gefertigt und auf der unteren Hälfte mit einer Millimeterteilung (a) versehen. In dieses Rohr nun wurde nach erfolgter Reinigung mit Chromsäuregemisch, Wasser und Alkohol und nach sorgfältigem Trocknen die feste Substanz gebracht. Dieselbe wurde dann zusammengeschmolzen und wieder zum Erstarren gebracht. Hierauf erfolgte die Einführung des Capillarröhrchens, dem ich dieselbe Gestalt gab wie Ramsay, sie hat sich vorzüglich bewährt. Die Einrichtung desselben ist aus der Abbildung ohne weiteres zu ersehen. An dem

Fig. 4.



unterenEnde ist eine Erweiterung mit seitlicher Oeffnung (c) geblasen, die die Kommunikation des Inneren der Capillare mit der äusseren Flüssigkeit herstellt. Die Röhrchen waren aus einer grossen Anzahl von Thermometercapillaren ausgesucht und sehr gleichmässig im Kaliber. Die Bestimmung des Durchmessers erfolgte durch Auswägen mit Quecksilber. Zur Reinigung wurden nach einander Chromsäuregemisch, Wasser und Alkohol durchgesaugt und schliesslich das Röhrchen durch Durchsaugen warmer Luft getrocknet. Ein kleines Dreieck von Platindraht (d) sorgte für die senkrechte Stellung der Capillare in dem Rohr.

Für Versuche mit durchsichtigen Flüssigkeiten kann man sich auch einer anderen Anordnung bedienen. Die RAMSAY'sche Capillare wird mit einem feinen Platindraht auf eine Milchglasskala, etwa die Skala eines zerbrochenen Thermometers, die zuvor mit einem Millimetermass verglichen wurde, festgebunden und dann in das Rohr eingefügt, das dann natürlich keine Teilung braucht.

Dieses Rohr, so vorbereitet, wurde an die Luftpumpe angeschlossen und so weit als möglich evacuiert. Während dieses Prozesses erwärmte ich den oberen Teil sowie das Capillarröhrchen stark, so dass alle etwa noch vorhandene Feuchtigkeit völlig entfernt wurde. Schliesslich schmolz ich das evacuierte Rohr zu.

Das Heizgefäss[1]) besteht aus einem Siedekolben mit weitem Hals und seitlichem Ansatz zur Aufnahme des Thermometers, sowie einer Rückflussvorrichtung, deren Einrichtung aus der Abbildung zu ersehen ist. Die Röhren, welche die Verbindung des Kühlers mit dem Gefäss herstellen, sind mehrere Male hin- und hergeführt und wirken als Federn, welche beim Erwärmen des Gefässes nachgeben und das Springen an den Ansatzstellen verhindern. Durch den seitlichen Stutzen am Kühler konnte das Gefäss an eine künstliche Atmosphäre, eine grosse Glaskugel von mehreren Litern Inhalt, welche mit einer Wasserstrahlpumpe und einem Manometer in Verbindung stand, ausgeschlossen werden.

In dieses mit Heizflüssigkeit — ich verwendete als solche Brombenzol, Anilin, Phenetol und Salicylsäuremethylester — und Füllmaterial

---

[1]) Die Glasapparate wurden in der Glasbläserei JUFFA'S Ww. Nachfg. in Halle a. S. Geiststrasse angefertigt und sind zu billigem Preise von derselben zu beziehen.

meist Zinngranalien, beschickte Gefäss wurde dann das Beobachtungsrohr mit einem Stopfen luftdicht eingesetzt, wie die Figur zeigt. Zum Schutze gegen äussere Abkühlung wurde das Heizgefäss in Asbestpapier eingewickelt, an den Stellen, wo beobachtet werden sollte, befanden sich Ausschnitte in demselben.

War die Heizflüssigkeit zum Sieden gekommen, so schmolz die Substanz in dem Rohre, die Capillare sank in die geschmolzene Masse und füllte sich dabei, ohne dass störende Bläschen aufgetreten wären, bis der geschmolzene Körper den Stand erreicht hatte, der seiner Oberflächenspannung entsprach. Die capillare Steighöhe, die Differenz zwischen den Niveau der Flüssigkeit im Rohre und in der Capillare, wurde mittels eines Fernrohres abgelesen, um parallaktische Fehler zu vermeiden.

Diese Ablesungen wurden für jede untersuchte Flüssigkeit bei vier verschiedenen Temperaturen vorgenommen und zwar je zwei bei der anisotropen und bei der isotropen Modifikation. Die verschiedenen Temperaturen wurden erzielt, indem die Heizflüssigkeit unter verschiedenen Drucken zum Sieden gebracht wurde, sie konnten für lange Zeit auf 0,1 bis 0,2° konstant gehalten werden.

Natürlich hatte ich mich vorher überzeugt, dass ich bei meiner Anordnung der Apparate dieselben Resultate erhielt wie RAMSAY. Es sei hier eine Bestimmung für Essigäther aufgeführt.

Essigäther $C_4H_8O_2$ ($M = 88$).

t.	h.	s.	r.	g.	γ. in Dynen	$\gamma.(M.v)^{\frac{2}{3}}$ in Erg.	k
17,6	3,56	0,9036	0,01406	981,1	22,17	472,9	2,095
46,3	3,17	0,8683			18,99	412,7	

Die Theorie fordert den Wert 2,121 RAMSAY fand für k 2,226.

Es folgen nun die Beobachtungen für die krystallinischen Flüssigkeiten und für die zugehörigen isotropen Phasen.

p-Azoxyanisol $C_{14}H_{14}N_2O_3$ ($M = 258$).

	t.	h.	s.	r.	g.	γ. in Dynen	$\gamma.(M.v)^{\frac{2}{3}}$ in Erg.	k.
anisotrop	117,4	4,60	1,1687	0,01406	981,1	37,09	1354	2,160
	133,6	4,50	1,1544			35,82	1319	
isotrop	137,2	4,48	1,1454			35,38	1310	2,281
	157,8	4,34	1,1290			33,78	1263	

p-Azoxyphenetol $C_{16}H_{18}N_2O_3$ (M = 286).

	t.	h.	s.	r.	g.	γ. in Dynen	$(\gamma . M . v)^{\frac{2}{3}}$ in Erg.	k.
anisotrop	134,9	4,05	1,1015	0,01406	981,1	30,77	1252	2,384
	165,1	3,85	1,0712			28,44	1180	
isotrop	169,4	3,85	1,0567			28,06	1174	2,430
	183,8	3,75	1,0443			27,01	1139	

Cholesterylbenzoat $C_{34}H_{50}O_2$ (M = 490).

	t.	h.	s.	r.	g.	γ. in Dynen	$\gamma . (M . v)^{\frac{2}{3}}$ in Erg.	k.
anisotrop	147,4	3,41	0,9645	0,01440	981,1	23,84	1479	0,068
	177,2	3,43	0,9432			22,86	1477	
isotrop	181,4	3,44	0,9335			22,69	1477	1,551
	210,2	3,36	0,9200			21,84	1435	

Wir sehen also, dass beim p-Azoxyanisol und beim p-Azoxyphenetol ein grosser Unterschied zwischen der molekularen Obenflächenenergie und ihrem Temperaturcoefficienten nicht besteht. Beide haben, wie der Wert für k zeigt, in der isotropen Phase das einfache Molekulargewicht, also wahrscheinlich auch in der anisotropen.

Etwas anders liegt die Sache beim Cholesterylbenzoat, dort haben wir ohne jeden Zweifel Verschiedenheiten in dem Molekulargewicht der beiden Phasen. Schon bei der isotropen Modifikation haben wir beträchtliche Association, die bei der anisotropen noch viel stärker ist.

Bei der letzteren zeigt sich die merkwürdige Erscheinung, dass die capillare Steighöhe mit der Temperatur zunimmt und ich schloss daher zuerst auf irgend welche Fehler bei der Ausführung der Untersuchung. Ich operierte dann mit anderen Capillaren, verwendete nochmals auf das sorgfältigste gereinigte Präparate, fand aber stets wieder das gleiche Verhalten. Man kann dasselbe aber begreifen, wenn die molekulare Oberflächenenergie nahe konstant bleibt; dann muss, wenn die Dichte abnimmt, die Steighöhe wachsen. Haben wir

$$\gamma . (M . v)^{\frac{2}{3}} = \frac{1}{2} . g . r . h . s^{\frac{1}{3}} . M^{\frac{2}{3}} = \text{konst.}$$

so muss, da die übrigen Grössen Konstanten sind h mit abnehmendem s zunehmen.

Schluss.

Unsere Beobachtungen führen dazu, anzunehmen, dass die Doppelbrechung der krystallinischen Flüssigkeiten nicht wie LEHMANN[1]) meint, durch Aggregation von chemischen oder Gasmolekülen hervorgerufen wird, sie zeigen, dass das Molekulargewicht bei krystallisierten Körpern nicht notwendig komplizierter zu sein braucht als bei gewöhnlichen Flüssigkeiten und bei Gasen. Wir kommen da auf einem prinzipiell ganz anderen Wege zu denselben Resultaten, die KÜSTER und FOCK aus den Untersuchungen an isomorphen Mischungen gewonnen haben.

Und auch bez. der Frage nach der Ursachen der Verschiedenheit der physikalisch isomeren Modifikationen müssen wir sagen, dass diese Ursache nicht in der verschiedenen Grösse der physikalischen Moleküle zu suchen ist.

Leider ist der Temperaturbereich, innerhalb dessen die krystallinischen Flüssigkeiten stabil sind, ein sehr kleiner, so dass es nicht möglich ist, den Verlauf der Kurve der molekularen Oberflächenenergie zu ermitteln und die Funktion zu bestimmen, die deren Abhängigkeit von der Temperatur darstellt. Wir können nur angeben, dass die molekulare Oberflächenenergie mit der Temperatur abnimmt. Denken wir uns nun die Kurve über den Umwandlungspunkt hinaus fortgesetzt, so werden wir auf derselben schliesslich einmal zu einem Punkte gelangen, wo die scheinbare molekulare Oberflächenenergie — die Differenzen zwischen Oberflächenenergie von krystallinischer Flüssigkeit und ihrem gesättigten Dampf — in derselben Weise gleich Null wird, wie es bei den isotropen Flüssigkeiten geschieht. Es ist dies ein kritischer Punkt.

Wir können aber noch weiter gehen; wir denken uns auch die molekularen Oberflächenenergieen der festen Phase für alle Temperaturen bestimmt, auch hier gelangen wir in gleicher Weise zu einem kritischen Punkt, einer Temperatur, bei der fester Körper und Dampf identisch werden. In gleicher Weise können wir jeder physikalisch isomeren Modifikation, die man ja als besondere Aggregatzustände betrachten muss, einen solchen kritischen Punkt zuordnen und es

[1]) Wied. Ann. 40, 422.

ist nicht unmöglich, dass diese Punkte, die man ja extrapolieren kann, wenn man den Verlauf der Kurve innerhalb eines grösseren Temperaturintervalles kennt, vielleicht einmal dazu führen werden, die analytischen Beziehungen aufzudecken, die die verschiedenen Zustände eines Körpers mit einander verknüpfen.

Auch auf einem ganz anderen Wege gelangt man zu denselben Schlüssen, so hat PLANCK[1]) in einer theoretischen Untersuchung „Verdampfen, Schmelzen und Sublimieren" auf diese Punkte hingewiesen. Er wurde dazu geführt durch thermodynamische Betrachtungen und vermochte sogar die Existenzbedingungen dieser Punkte anzugeben.

Die vorstehende Arbeit ist im chemischen Institut der Universität Halle ausgeführt, und es sollen die Untersuchungen noch nach einigen anderen Richtungen hin fortgesetzt werden.

---

[1]) Wied. Ann. 15, 471.

ÜBER DIE

ABLENKUNG DER KATHODENSTRAHLEN DURCH ELEKTRISCHE SCHWINGUNGEN

VON

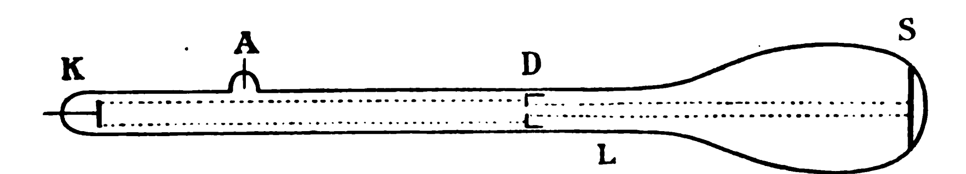
PROF. DR. K. E. F. SCHMIDT.

(Erste Mitteilung.)

Mit 1 Tafel und 1 Figur im Text.

Die unten beschriebenen Beobachtungen wurden an einer von Braun, Wied. Ann. 60 p. 552 beschriebenen Hittorf'schen Röhre gemacht, welche durch ein Aluminiumdiaphragma D in zwei Teile zerlegt ist. Das Diaphragma besitzt eine kreisrunde centrale Oeffnung von 2 mm Durchmesser, und schneidet daher von dem im vordern Teile des Rohres erzeugten, 10 mm im Diameter haltenden, Bündel der Kathodenstrahlen ein entsprechendes Bündel aus, das auf einem im zweiten Teile des Rohres befindlichen, mit Phosphorescenzblau bestrichenen Glimmerschirm S einen kreisrunden Fleck erzeugt.

Berührte ich die Glaswand des Rohres an einer Stelle zwischen Anode und Diaphragma mit dem Finger, so schoss im Augenblick der



Berührung ein Lichtschweif an der von der berührten Glasfläche abgewandten Fleckenseite hervor, um sofort zu verschwinden. Eine dauernde Formveränderung konnte ich dem Flecken mitteilen, wenn ich zwei Finger an gegenüberliegenden Punkten der Glaswand anlegte, derart, dass der runde Fleck oblong wurde; die grosse Axe lag stets senkrecht zur Richtung der Verbindungslinie der Finger.

Isolatoren hatten weder im geladenen noch ungeladenen Zustand einen Einfluss.

Dagegen zog ein isoliertes ungeladenes Metallblech, in die Gegend von L gebracht, den Fleck etwas in die Breite.

1. Um den Einfluss des 2×6 cm Fläche haltenden Bleches im elektrisch geladenen Zustande zu untersuchen, verband ich es mit den Polen des die Röhre treibenden Induktors. Verbindung mit dem negativen (Kathoden-)Pol erzeugte eine starke Abstossungserscheinung, wenn das Blech dem HITTORF'schen Rohre hinter dem Diaphragma genähert wurde, indem der Fleck in ein breites Band ausgezogen wurde, das nach der von dem ablenkenden Leiter abgewendeten Seite lag. Verbindung mit dem Anodenpol gab die gleiche Erscheinung in schwächerem Grade; zuweilen wurde ein nach der anderen Seite gerichteter Schweif beobachtet.

Das Fluorescenzlicht in dem Bande ist unruhig, flackernd, und häufig beobachet man in dem Bande Stellen grösserer Helligkeit, welche jedoch keineswegs ständig den gleichen Platz innehalten; sondern häufig hin- und herspringen.

Der Richtung nach stimmt die Ablenkung mit der durch einen magnetischen Südpol hervorgerufenen überein.

Die meines Wissens zuerst von JAUMANN[1]) beobachtete Ablenkung der Kathodenstrahlen mit Hülfe elektrostatisch erregter Isolatoren liess sich hier nicht beobachten. Auch war die Erscheinung von der durch den Magneten erzeugten Ablenkung wesentlich verschieden. Während der Magnet den Fleck fast ohne Gestaltänderung ablenkt, ist bei den hier erfolgenden Ablenkungen die Erscheinung so, dass der Fleck nur wenig, oft für die mehr abschätzende Beobachtung kaum merklich, verschoben wird, dagegen ein Teil der ihn erzeugenden Strahlen fächerförmig ausgebreitet wird, wodurch das oben beschriebene Lichtband zustande kommt.

Die Ablenkung der Strahlen wurde schwächer und damit das Lichtband kürzer, wenn der abstossende Leiter sich von der Rohraxe entfernte, und bei meinen Versuchen verschwand das Band, wenn der Abstand des Leiters von der Rohraxe ca. 25 mm betrug.

Statt des Bleches nahm ich bei den weiteren Versuchen eine 6 mm Durchmesser haltende Kugel, welche mit dem Kathodenpol verbunden wurde. Die Erscheinungen wurden schwächer, aber die Versuche schienen reinlicher und die Vorgänge traten deutlicher hervor.

---

[1]) JAUMANN, Wied. Ann. 1896, Heft 1.

Die auf diese Weise erhaltenen Veränderungen am Fluorescenz-Fleck sind Taf. VII, Fig. 1 und 2 nach photographischen Aufnahmen dargestellt. Fig. 1 sind die Bilder, wie sie erhalten wurden, als die mit dem Kathodenpol des Induktors verbundene Kugel, Fig. 2 die Bilder, als das Blech die Ablenkung der Kathodenstrahlen erzeugte.

Schob ich zwischen die ablenkende Kugel dicke Stücke von gut isolierendem Glas oder Ebonit, so liessen sich noch Abstossungen der Kathodenstrahlen bei Entfernungen der Kugel von der Rohraxe, die bei Einschaltung der Luftschicht keine Abstossung mehr ergaben, beobachten. Gleichfalls trat eine Verstärkung der Wirkung ein, wenn flüssige Isolatoren wie Paraffinöl die abstossende Kugel umgaben.

Sehr merkliche Ablenkung erhielt ich auch, wenn ich die Kathode einer Röntgenröhre als ablenkende Leiter verwandte. Noch in einer Entfernung von 25 cm wirkte die von der Kathode ausgehende zunächst das Vacuum durcheilende Schwingung auf die Kathodenstrahlen ablenkend ein.

Der ganze Charakter der beobachteten Abstossungs-Erscheinung führte mich sehr bald zu der Annahme, dass weniger die elektrostatische Ladung des abstossenden Leiters als die Schwingungsvorgänge, in die der Leiter durch Verbindung mit dem Induktorpol gezogen wird, die Veranlassung der auffälligen Abstossung sind.

Unter dieser Annahme lag denn der Schluss nahe, dass die Abstossungen am kräftigsten erfolgen müssen, wenn die Schwingung, die auf den ablenkenden Leiter geführt wird, mit der zur Kathode der Hittorf'schen Rohre geleiteten bezüglich ihrer Phase, Schwingungsdauer etc. synchron ist.

2. War dieser Schluss richtig, so musste der Leiter, wenn er nicht mit dem gleichen Induktor, wie die Hittorf'sche Röhre, sondern mit einem anderen Induktor von anderen Dimensionen und dem entsprechend geänderter Kapazität und Induktanz, dessen Schwingungen also wesentlich anders abliefen, verbunden wurde, keine oder nur geringe Abstossung hervorrufen.

Zu meiner Verfügung standen zwei Induktorien, das eine für 20 cm, das andere für 3 cm Funken-Weite gebaut.

Wurde nun die Hittorf'sche Röhre durch das grosse Induktorium

gespeist und die ablenkende Kugel von dem kleinen Induktor oder umgekehrt. so ergab der Versuch in der That keine wesentliche Abstossung; nur stossweise und ganz unregelmässig schoss ab und zu ein Lichtschweif aus dem Fleck hervor.

Noch überzeugender für die ausgesprochene Hypothese, dass elektrische Schwingungen für das Gelingen des Versuches nötig sind, mag vielleicht folgendes Experiment sein.

Das HITTORF'sche Rohr wurde mit einer einfachen aber kräftig wirkenden Influenz-Maschine (nach HOLTZ) verbunden. Die Polkugeln wurden zunächst soweit auseinander gezogen, dass Funken zwischen ihnen nicht übergingen. Der Fluorescenzfleck leuchtete in ruhigem Glanze und wurde durch einen sehr schwachen Magneten ohne Formveränderung merklich abgelenkt.

Wurde nun die mit dem Kathodenpol verbundene Kugel in die Nähe des Rohres gebracht, so erfolgte nicht die geringste Aenderung an dem Fleck. Um die Wirkung zu verstärken, schaltete ich die HITTORF'sche Röhre zwischen die Platten eines kleinen Kondensators (3×10 cm Fläche), dessen eine Platte mit dem Kathodenpol, dessen andere mit dem Anodenpol verbunden wurde; auch jetzt blieb der Fleck ohne jegliche Aenderung.

Näherte ich nun die Polkugeln soweit, dass Funken übergingen, so trat sofort eine Zerteilung des Fluorescenzfleckes in ein breites Band nach beiden Seiten ein. Wurde nun die eine Platte des Kondensators mit dem Anodenpol der Maschine verbunden, so erfolgte Anziehung, bei der Verbindung mit der Kathode dagegen Abstossung.

3. Zusammenwirken zweier Schwingungen:

Als ich die Schwingungen mit Hülfe einer kleinen Elektrode — in Gestalt eines einseitig offenen Hohlcylinders — auf das 1 mm im Durchmesser haltende Kathodenbündel einer (anderen) HITTORF'schen Röhre leitete, konnte ich den kleinen Fluorescenzfleck in ein flackerndes Gebilde von ganz unregelmässiger Gestalt zerstreuen, wenn ich die Axe des kleinen Hohlcylinders so richtete, dass sie gerade die Mitte des Strahlenbündels traf. Lebhaft erinnerte die Erscheinung an ein vom Luftzuge in heftig flackernde Bewegung gesetztes Kerzenlicht.

Diese Erscheinung im Verein mit der früher gemachten Beobachtung, dass beim Herumführen der ablenkenden Kugel um das HITTORF'sche

Rohr der von dem Fluorescenzfleck ausgehende Schweif sich wie der Zeiger einer Uhr um den Fleck als Mittelpunkt dreht, führte zu folgenden Versuchen.

Es wurden zwei Schwingungen gleichzeitig durch zwei um 90° von einander abstehende mit dem Kathodenpol verbundene Kugeln auf das Kathodenstrahlbündel geleitet; die eine für sich wirkend gab ein horizontal (Taf. VII, Fig. 1 a und 2 a), die andere ein vertikal gelagertes Lichtband (Fig. 1 b und 2 b). Wirkten beide gleichzeitig, so lagerte sich das Lichtband ca. 45° gegen die Horizontale (Fig. 2 c).

Wurde die eine Kugel allmählich weiter von der Rohraxe entfernt, so nahm das resultierende Lichtband Stellungen an, die sich der Stellung allmählich näherten, welche die in der ersten Entfernung stehen bleibende Kugel für sich hervorrief, Fig. 1 c.

Die Zusammensetzung der Ablenkungen erfolgt also wie bei gleichzeitig einwirkenden Magneten nach dem Gesetz vom Parallelogramm der Kräfte.

4. Einfluss von Selbst-Induktion und Kapazität.

Fasst man die Erscheinung als eine Folge elektrischer Schwingungen auf, so wird man zu folgenden weiteren Versuchen geführt.

Selbst-Induktion und Kapazität ändern den Ablauf der elektrischen Schwingungen und müssen somit nach Versuch 2 auch Aenderungen der von ihnen erzeugten Abstossungen zur Folge haben.

Ich gab nun der die horizontal gelegene Abstossung hervorrufenden Schwingung dadurch eine Verzögerung, dass ich sie durch die Sekundärspule eines zweiten Induktors gehen liess. Es musste nach obigem eine Schwächung der Abstossung eintreten, welche Folgerung durch das Experiment völlig bestätigt wurde; der ausgestossene Schweif war nicht unerheblich gekürzt, Fig. 3 a; d ist der unter gewöhnlichen Umständen erhaltene Schweif. Dass der ca. 14000 Ω betragende Widerstand der Sekundärspule nicht die Schwächung der Abstossung erzeugte, ist a priori wahrscheinlich und wurde durch Einschalten eines ungefähr gleich viel betragenden Flüssigkeitswiderstandes statt der Spule experimental erwiesen. Es trat keinerlei schwächende Wirkung auf die Abstossung ein, wenn der Flüssigkeitswiderstand eingeschaltet war. Wurde die Schwingung, welche die Kathodenstrahlen erzeugt

gleichzeitig mit der auf den ablenkenden Leiter geführten durch Selbstinduktion verzögert, so trat die Abstossung wieder in der früher beobachteten Stärke auf.

Schaltete ich in den gleichen Stromkreis statt der Spule eine Kapazität in Form des Kondensators eines RUHMKORFF'schen Induktoriums von 20 cm Funkenlänge in die zum abstossenden Leiter führende Leitung, musste ich gleichfalls eine Schwächung im Einfluss der Abstossung erwarten. Auch diese Folgerung bestätigte der Versuch.

5. Von Interesse erschien nun das Zusammenwirken zweier Schwingungen, von denen die eine senkrecht zur zweiten wirkend, gegen letztere durch Selbst-Induktion oder Kapazität in Phase und möglicherweise Schwingungsdauer geändert ist.

Der Versuch ergab bei der durch Induktion hervorgerufenen Aenderung folgendes Bild des Fluorescenzfleckes. Unter 90° Neigung gehen zwei Lichtbänder von dem Fluorescenzfleck aus, das eine horizontal gelagerte kurz, das andere vertikal gestellte in der ursprünglichen Länge erhalten. Die Lichtverteilung in dem Fleck selbst ist ungleichmässig. Cf. Fig. 3c und 4c.[1])

Die Erscheinung war etwas modifiziert, wenn der unterbrechende Hammer des Induktoriums nicht ganz ruhig arbeitete, es schossen dann in dem zwischen den ständig auftretenden beiden Hauptzweigen liegenden Quadranten unregelmässig bald hier bald dort gelagerte Seitenstreifen hervor, wie in Fig. 5 c_1 bis 5 c_3. Ganz besonders deutlich sind sie in dem 4 m exponierten Bilde Fig. 5 c_3 zu erkennen.

Anders war die Erscheinung bei Einschaltung der Kapazität wie Fig. 6 angibt, a ist der Schweif, wie er von der durch die Kapazität modifizierten Schwingung erzeugt ist, b der Schweif, wie ihn die Schwingung hervorgerufen hat, welche mit der die Kathodenstrahlen erzeugenden isochron war, c endlich das Bild, wie ihn das Zusammenwirken beider ergiebt: schwag angedeutet treten sowohl der vertikale wie horizontale Schweif auf, dazwischen, näher dem vertikalen Bande gelagert, der aus beiden Schwingungen resultierende.

6. Verschiedenes Verhalten der durch das Induktorium

[1]) Die feineren Details sind leider auf den Tafeln nicht genügend wiedergegeben.

und durch die Influenz-Maschine erzeugten Kathodenstrahlen.

Die mit Hülfe des Induktoriums erzeugten Strahlen wurden wesentlich und regelmässig nur beeinflusst, wenn der ablenkende Leiter mit den Polen des Induktors verbunden war, also die auf den Leiter geführten Schwingungen mit denen, welche die Kathodenstrahlen erzeugten, synchron waren.

Die von der Influenz-Maschine erzeugten Kathodenstrahlen wurden auch abgelenkt, wenn Schwingungen sowol von dem grossen 20 cm Funken gebenden, wie von dem nur 3 cm Funken gebenden Induktor auf den ablenkenden Leiter geführt wurden.

Die von dem Induktorium erzeugten Kathodenstrahlen liessen sich durch elektrostatische Kräfte nicht ablenken, wol dagegen die von der Influenz-Maschine hervorgerufenen. Liess man zwischen den Polen der Maschine Funken übergehen und näherte die Pole immer mehr, so wurde der Fluorescenzfleck schwächer und schwächer. Bei einer bestimmten Stellung der Polkugeln liess sich dann durch Annäherung eines geriebenen negativ geladenen Ebonitstabes eine bis zu 4 cm grosse Ablenkung des Fleckes hervorrufen, welche aber sofort wieder verschwand, wenn der geriebene Ebonitstab still gehalten wurde; Hin- und Herbewegen desselben ergab dagegen ein Hin- und Hergehen des Fleckes im Tempo der Bewegung des Ebonitstabes.[1])

Ueber die Erklärung der beobachteten Erscheinungen behalte ich mir vor, in einer folgenden Notiz Mitteilung zu machen, in der ich auch weitere Versuche, welche mit regelmässiger ablaufenden Schwingungen als sie der Induktor ergibt, angestellt sind, mitteilen will.

Zum Schluss bemerke ich noch, dass ich bei Röntgenstrahlen derartige Ablenkungen zunächst nicht erhalten habe.

Anmerkung bei der Korrektur: Die von Deslandres in dem Compt. rend. Bd. 124 p. 678, 945, 1297 beschriebenen Formen von Abstossungen der Kathodenstrahlen wurden mir erst bei der Korrektur bekannt. Sie stehen in einem gewissen Zusammenhange mit den hier beschriebenen. Ich werde darauf in einer weiteren Mitteilung zurückkommen.

---

[1]) Cf. JAUMANN, longitudinales Licht, Wied. Ann. Bd. 59, p. 252, auch WIEDEMANN und G. SCHMIDT, W. A. 60, p. 510.

Vorgetragen in der Sitzung am 19. Juni 1897.

ÜBER DIE

ABLENKUNG DER KATHODENSTRAHLEN DURCH ELEKTRISCHE SCHWINGUNGEN

VON

PROF. DR. K. E. F. SCHMIDT.

Zweite Mitteilung:
Grundgesetz für die Ablenkung der Strahlen.

Mit 6 Figuren im Text.

Im Folgenden werden die von mir beobachteten Ablenkungserscheinungen bei Kathodenstrahlen, über welche ich in diesen Abhandlungen XXI, p. 163 ff. berichtet habe, eingehender diskutiert und es sollen auf Grundlage dieser und neuer Experimente die bei den Ablenkungserscheinungen überhaupt in Betracht kommenden Kräfte näher bestimmt werden.

Bekannt sind bis jetzt Ablenkung der Kathodenstrahlen durch den Magnet, die zuerst von GOLDSTEIN entdeckte Deflexionserscheinung durch benachbarte Kathoden, die hiermit in engstem Zusammenhang stehende, zuerst von CROOKES gefundene Abstossung parallel laufender Kathodenstrahlen und die Ablenkungen der Strahlen durch elektrostatische Kräfte, welche zuerst von JAUMANN beobachtet sind.

Die von mir beobachtete Ablenkungserscheinung stellt sich nach den folgenden Untersuchungen als eine neue Form dar, da sie sich keiner der bekannten unterordnet; sie lässt sich aber mit den bekannten Formen unter ein gemeinsames Grundgesetz für die Ablenkung der Kathodenstrahlen bringen, das folgendermassen ausgesprochen werden kann:

„Jede durch magnetische oder elektrische Kräfte hervorgerufene Zustandsänderung in einem Felde ändert den Gang der das Feld durchlaufenden Kathodenstrahlen.“ [1])

Dass die von mir beobachtete Ablenkung der Kathodenstrahlen im engsten Zusammenhang mit elektrischen Schwingungsvorgängen steht, glaube ich in meiner ersten Mitteilung erwiesen zu haben; es

[1]) Siehe darüber weiter unten p. 6.

soll im folgenden auseinandergesetzt werden, zu welcher speziellen Vorstellung weitere Versuche führten.

1. Können elektrostatische Kräfte die Erscheinung hervorrufen?

Als elektrostatische Kräfte wollen wir, wie üblich, solche bezeichnen, welche von *ruhenden* elektrisch erregten Isolatoren oder solchen Leitern, auf denen die Elektrizität im Gleichgewichtszustande ist, herrührt.

E. WIEDEMANN und G. C. SCHMIDT[1]) kommen auf Grund ihrer Versuche zu dem Schlusse, dass die zuerst von JAUMANN entdeckte Ablenkung der Kathodenstrahlen durch elektrostatische Kräfte eine Folge der Veränderung der Ansatzstelle der Kathodenstrahlen an der Kathode ist. Derartige Verschiebungen können durch elektrostatische Kräfte hervorgerufen sein.

Für die von mir beobachteten Ablenkungen können gleiche Gründe vorliegen. Ich beobachtete die Veränderungen des Fluorescenzfleckes, indem ich den ablenkenden Leiter an verschiedenen Stellen dem HITTORF'schen Rohre näherte. Die Glaswände des Rohres waren in der vorderen Kammer durch Fluorescenzlicht völlig erleuchtet; 12 mm vor der Kathode war dieses Licht durch eine scharfe Linie begrenzt und der weitere um die Kathode liegende Teil der Glaswand fast dunkel.

Brachte ich nun die ablenkende Kugel in die Ebene der Kathode, so wurde der Fleck, in seiner Gestalt *nicht verändert, merklich verschoben* und seine Helligkeit gesteigert. Rückte die Kugel längs dem Rohre weiter fort, so begann das Licht des Fleckes unruhig zu werden und bei einer Entfernung von 25 mm zwischen Kathode und Kugel begann die *Schweifbildung*, die Verschiebung des Lichtflecks war gering. Der Charakter der Ablenkung ist also wesentlich geändert. War die Entfernung auf 60 mm gewachsen, so erzeugte die ablenkende Kugel das Fig. 1a dargestellte Bild; das einfache Bündel zerfiel in drei Einzelbündel, von denen jedes für sich einen Fluorescenzfleck hervorrief;

$\alpha\ \beta\ \gamma$ a — $\alpha\ \beta\ \gamma$ b — $\alpha\ \beta\ \gamma$ c

Fig. 1.

[1]) WIEDEMANN und SCHMIDT 60 p. 510.

wuchs die Entfernung auf 130 mm, so war Fig. 1 b das Bild und in 200 mm Entfernung erzeugte der ablenkende Leiter das Fig. 1 c dargestellte Bild.

Die Intensität der Abstossung wächst also um so mehr, je weiter die Kathodenstrahlen von ihrem Ursprung entfernt der ablenkenden Kraft unterworfen werden.

Zwischen Rohrwand und Kugel geschobene Glimmerscheiben verringerten die Ablenkung etwas.

Diese Versuche ergeben, dass unsere Erscheinung nicht auf einer durch Verschiebung der Ansatzstelle hervorgerufenen Aenderung des Strahlenganges beruht.

Dass sich die JAUMANN'schen Ablenkungen mit Hilfe der von mir benutzten BRAUN'schen Röhre leicht unter geeigneten Versuchsbedingungen zeigen, bemerkte ich schon früher (diese Abhandl. XXI, p. 109). Allerdings weicht die von mir beobachtete Erscheinung in wesentlichen Punkten von den durch JAUMANN und später von WIEDEMANN und SCHMIDT gemachten Beobachtungen ab. Zunächst konnte ich nicht, wie die beiden letztgenannten Forscher, die Strahlen ablenken, wenn ich den erregten Ebonitstab in unmittelbarer Nähe der Kathode anbrachte; auch liess sich eine Wirkung nicht nachweisen, wenn der Stab zwischen Diaphragma und Kathode bewegt wurde. Dagegen beobachtete ich kräftige Ablenkungen, wenn der Ebonitstab hinter dem Diaphragma (30—50 cm von der Kathode entfernt) bewegt wurde.

Dann stiess der negativ erregte Ebonitstab die Kathodenstrahlen bei Annäherung ab, beim Entfernen zog er sie an, während der positiv erregte Glasstab die umgekehrte Erscheinung zeigte; JAUMANN beobachtete das umgekehrte.[1])

Wesentlich ist für das Zustandekommen der Ablenkung, dass der elektrisch erregte Körper bewegt wird; im Zustande der Ruhe übt er keinerlei Wirkung aus.

Durch Hin- und Herbewegen des erregten Stabes erzielt man Hin- und Hergehen des Fleckes in gleichem Tempo.

Diesem Versuche ist der in meiner ersten Arbeit p. 166 mitge-

---

[1]) Wied. Ann. 59 p. 263.

teilte eng an die Seite zu stellen, wonach Ablenkung der mit der Influenzmaschine erzeugten Strahlen nur eintritt, wenn Funken übergehen, so dass auf den ablenkenden Leiter Schwingungen geführt werden. Die auf dem Leiter im Gleichgewicht befindliche Elektrizität zeigt keine Wirkung, obgleich sie unter höherer Spannung steht.

Diese Versuche führen zu folgenden Schlüssen:

1. Die von mir beobachtete Ablenkung der Kathodenstrahlen durch genäherte, elektrisch erregte Leiter, lässt sich nicht auf eine Aenderung der Ansatzstelle der Kathodenstrahlen noch auf die Wirkung der elektrischen Kraft des ablenkenden Leiters zurückführen.

2. Die Ablenkungen durch bewegte elektrostatisch erregte Isolatoren werden hervorgerufen durch die zeitlichen Aenderungen des Feldes, welche durch die Bewegung des elektrischen Stabes erzeugt sind.

Unter zeitlichen Aenderungen verstehe ich hier solche, wie sie Jaumann in seiner Theorie der Kathodenstrahlen (Wied. Ann. 60 p. 158) charakterisiert durch die Grössen $\frac{\partial \varepsilon}{\partial t}$ und $\frac{\partial \mu}{\partial t}$, wo ε die Elektrizitätskonstante, μ die Magnetisierungskonstante und t die Zeit bedeuten. Man könnte sich etwa denken, dass durch die Bewegung benachbarter elektrisierter Körper, bezw. der Elektrizität auf ruhendem Leiter ε und μ der in dem Rohr gebliebenen Gasreste sich ändern, wie sich der Brechungsindex eines Glases durch aufgeleitete Wärmewellen ändert.[1])

2a. Zeitliche Aenderungen des Feldes durch Hin- und Herbewegen erregter Isolatoren haben synchrone Bewegungen der Kathodenstrahlen zur Folge.

Dass ich die Einwirkung der statischen Ladung nicht an der Kathode erhielt, erkläre ich mir dadurch, dass die Kathodenstrahlen mit zu grosser Intensität von der Kathode ausstrahlten, während Jaumann und Wiedemann und Schmidt offenbar an weit schwächeren Strahlen beobachteten. Für die andere oben erwähnte Abweichung

[1]) Auf „Veränderungen des Feldes" haben schon Wiedemann und Schmidt l. c. p. 515 ff. die Ablenkungen, wie sie Jaumann beobachtete, zurückgeführt. Ich hatte mir die obige Ansicht gebildet, ehe ich die Arbeit der beiden Forscher kennen lernte. Ob wir aber unter Aenderung des Feldes das Gleiche verstehen, kann ich aus der genannten Arbeit nicht entnehmen.

habe ich keine Erklärung; ich habe meine Beobachtung wiederholt mit gleichem Erfolge durchgeführt, so dass ich an ihrer Richtigkeit nicht zweifeln kann.

Uebrigens unterliegen die schwächere Fluorescenz hervorrufenden Kathodenstrahlen dem Gesetze, dass sie stärker durch Magnete und bewegte elektrische Körper abgelenkt werden, als die mit stärkerer Fluorescenzwirkung verbundenen.

Deutlich trat bei den unter kräftigem Funkenübergang erzeugten Strahlen, wenn die Hittorf'sche Röhre durch die Influenzmaschine gespeist wurde, die kräftigere Ablenkung durch synchrone Bewegungen hervor. Die Ablenkungen waren nicht so intensiv, wenn der ablenkende Leiter mit dem Induktor verbunden war, als wenn der Leiter ebenfalls mit der Influenzmaschine in Verbindung stand.

Auch bei den in verschieden starken Vacuum[1]) erzeugten Kathodenstrahlen macht sich der Parallelismus in der Stärke der Einwirkung magnetisch und elektrisch erregter Körper geltend. Bei geringem Vacuum wurden die Strahlen durch beide Kraftformen stärker als bei hohem abgelenkt. Ist übrigen das Vacuum noch wenig vorgeschritten, so dass das ganze Rohr mit schwachem Fluorescenzlicht der in ihm befindlichen Luft erfüllt ist, so bewirkt die Annäherung der elektrisch erregten Leiter ganz genau die gleiche Erscheinung wie der Magnet; die Grenzfläche der Strahlen ist schalenförmig begrenzt und mit der konkaven Seite der ablenkenden Kraft zugewandt, wie Fig. 2, im Querschnitt gezeichet, andeutet.

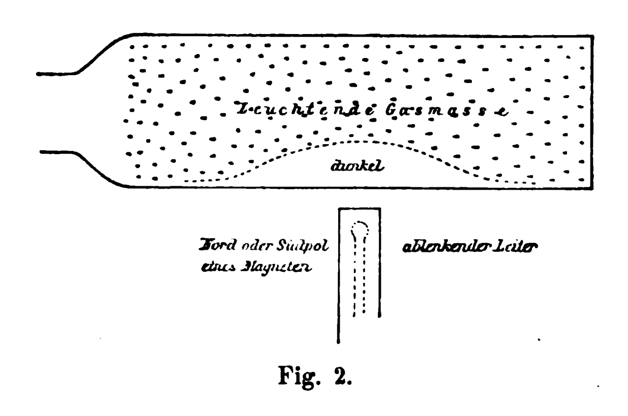


Fig. 2.

[1]) Die verschieden starke Ablenkung der Kathodenstrahlen durch den Magnet scheint mir eine vielleicht zuverlässigere Messung des Vacuums einer Röhre zuzulassen, als es bei der Messung durch Funkenstrecken der Fall ist.

Vorgeschriebene Form und Dimension der Röhre und ein in vorgeschriebenem Abstand angebrachtes Solenoid von bestimmten Strome durchflossen, würde nach geeigneter Kalibrierung sogar Angaben des Vacuums in Atmosphärendruck ermöglichen.

2. Sind Kathodenstrahlen die Ursache der Ablenkung?

Die zuerst von Goldstein beobachtete Deflexion der Kathodenstrahlen wird meist auf eine gegenseitige Einwirkung der Kathodenstrahlen zurückgeführt. Allerdings haben E. Wiedemann und Ebert[1]) nachzuweisen versucht, dass die Abstossung in gleicher Richtung laufender Kathodenstrahlen, welche von zwei benachbarten Kathoden ausgehen, nicht darauf beruht, dass sich die Strahlen durchdringen. Der auf das dort beschriebene Experiment gegründete Schluss scheint mir aber nicht einwurfsfrei zu sein, da die Durchdringung einer bestimmten Strahlenmenge vor dem Schirme mit den beiden Oeffnungen (zwischen bc und ad der p. 188 l. c. gezeichneten Fig.) sehr wohl hat stattfinden können, und die Folge dieser gegenseitigen Beeinflussung hinter dem Schirm in Form einer Abstossung beobachtet wird. Deslandres[2]) hat in der That keine Ablenkung mehr gefunden, sobald er die eine Elektrode bis zum Schirm mit einem dünnen Cylinder aus Glimmer (mica) umgab; er schliesst daraus, dass die gegenseitige Einwirkung von Kathodenstrahlen nur stattfindet, wenn sie sich durchdringen.

Auch ein Versuch, welchen Prof. Bernstein mir kürzlich mündlich mitteilte,[3]) scheint für eine Ablenkung von Kathodenstrahlen durch gegenseitige Beeinflussung zu sprechen. Bernstein stellte sich zwei Röhren her, von denen jede zwei Kathoden enthielt, welche Strahlen in entgegengesetzter Richtung in das Rohr sendeten; bei dem ersten Rohre waren beide Kathoden frei, bei dem zweiten war die Kathode und die Zuleitung mit Glas umgeben. Die Strahlen wurden in dem ersten Rohr aus der ursprünglichen Richtung abgelenkt, in dem zweiten behielten sie ihre Richtung bei.

Ich habe eine Zeit lang im Anschluss an die erwähnte Erklärung der Goldstein'schen Deflexionserscheinung angenommen, dass die von mir beobachtete Ablenkung der Kathodenstrahlen darauf zurückzuführen ist, dass durch den mit dem Induktorpol verbundenen ablenkenden Leiter Kathodenstrahlen in dem Hittorf'schen Rohr erzeugt wurden

---

[1]) Wiedemann und Ebert, Wied. Ann. 46, p. 158.

[2]) Deslandres, Compt. Rend. 124, p. 681.

[3]) Eine ausführlichere Beschreibung wird demnächst von Bernstein in Wied. Ann. gegeben werden.

und diese ablenkend auf die senkrecht zu ihnen verlaufenden einwirken. Die Existenz der durch den ablenkenden Leiter entstehenden Kathodenstrahlen[1]) lässt sich leicht durch den dem Leiter gegenüber auftretenden Fluorescenzfleck erweisen, der besonders heftig leuchtet, wenn eine kleine Funkenstrecke zwischen Leiter und Glaswand entsteht. In diesem Falle war auch die Abstossung der Kathodenstrahlen am intensivsten. Weiter unterstützt schien ferner die Annahme durch einen in meiner ersten Arbeit p. 165 beschriebenen Versuch, bei dem eine Verstärkung der Ablenkung beobachtet wurde, wenn Stücke von dickem isolierenden Glas oder Ebonit zwischen den ablenkenden Leiter und das HITTORF'sche Rohr gebracht wurden. Schaltete ich die gleichen Stücke zwischen den mit dem Induktor verbundenen Leiter und ein „Proberohr“[2]), so wurde auch hier noch Fluorescenz beobachtet, wenn der Leiter sich in Entfernung befand, bei denen ohne jene Isolatoren keine Wirkung mehr gesehen wurde. Bei Glas war übrigens die Wirkung etwas stärker als bei Ebonit; ersteres zeigte ganz geringe Leitfähigkeit am Elektroskop, wenn die Spannung sehr hoch war.

Um nun die Frage zu entscheiden, ob die beschriebenen Erscheinungen wirklich dadurch entstehen, dass senkrecht zu einander verlaufende Kathodenstrahlen sich gegenseitig durchdringen, wurden verschiedene Versuche ausgeführt.

Den ersten Versuchen a bis c liegt der Gedanke zu Grunde, dass sich die Kathodenstrahlen mit einer der ablenkenden Wirkung entsprechenden Intensität zeigen müssen, wenn sie die Ablenkung hervorrufen.

a) Die zu den früheren Versuchen benutzten ablenkenden Leiter — die Kugel von 6 mm Durchmesser und das Blech von 10×60 mm Fläche — wurden, mit dem Kathodenpol des Induktors verbunden, dem Proberohr (S. o.) gegenübergehalten: der Fluorescenzfleck entwickelte sich bei der Kugel, welche die schwächere Ablenkung der Kathodenstrahlen gab, weit intensiver als bei dem Blech.

---

[1]) S. auch E. WIEDEMANN, Wied. Ann. 20, p. 779.

[2]) Dieses war ein elektrodenloses Glasrohr von 15 mm Durchmesser, das im Inneren einen mit Phosphorescenzblau bestrichenen Glimmerschirm zum Nachweis schwacher Kathodenstrahlen enthielt.

b) Der ablenkende Leiter wurde, mit dem Anodenpol verbunden, dem Proberohr gegenübergestellt. Es zeigte sich bei Stellung a Fig. 3, wo die bestrichene Seite des Glimmerschirms dem Leiter gegenüberstand, ein äusserst intensiver Fluorescenzfleck, obgleich der dem HITTORF'schen Rohre genäherte Leiter einen auf sich zugerichteten Schweif hervorrief. In Stellung b wurde nicht die geringste Fluorescenz beobachtet, wie man hätte erwarten müssen, wenn Kathodenstrahlen zu der anziehenden Wirkung des Leiters Veranlassung gegeben hätten.

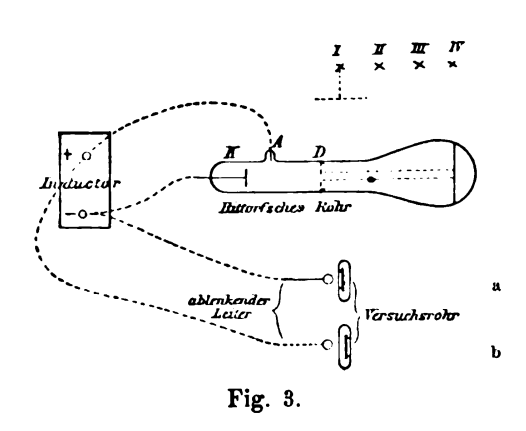


Fig. 3.

c) Statt der ablenkenden einfachen metallischen Leiter stellte ich eine für Erzeugung von RÖNTGEN-Strahlen nicht mehr brauchbare Röhre dem HITTORF'schen Rohr gegenüber. Die beiden Rohre wurden nur „einpolig“ d. h. mit ihrer gewöhnlich als Kathode dienenden Elektrode mit dem Induktor verbunden. Die Ablenkung des Fluorescenzflecks durch das RÖNTGEN-Rohr betrug ca. 10 mm. Als nun die Verbindung mit dem HITTORF'schen Rohr unterbrochen wurde, war im völlig verdunkelten Beobachtungsraum nur ganz schwache Erleuchtung der im HITTORF'schen Rohr enthaltenen Gasmenge durch die von dem andern Rohr ausgehenden Schwingungen zu erkennen. Würden wirklich Kathodenstrahlen die Veranlassung zu der Ablenkung sein, so hätte einer so starken Ablenkung ein intensiveres Aufleuchten entsprechen müssen.

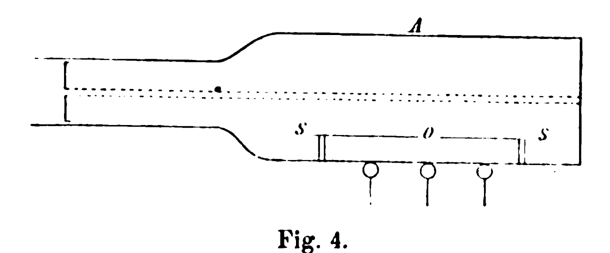


Fig. 4.

Ein direkter und für die Entscheidung unserer Frage sehr wichtiger Versuch ist folgender:

d) In einem HITTORF'schen Rohr, dessen in Betracht kommender Teil Fig. 4 abgebildet ist, wurde parallel der Rohraxe ein Glimmerschirm SS befestigt, welcher bei O eine 5 mm Durchmesser haltende Oeffnung besass. Die ablenkende Kugel, an den verschiedensten Stellen der Rohrwand angesetzt, ergab die gleiche Ablenkung, wie in dem Falle, wo sie vor der Oeffnung dem Rohre genähert wurde.

In diesem Falle bildeten sich kräftige Kathodenstrahlen aus, wie man an den Fluorescenzwirkungen auf der gegenüberliegenden Glaswand erkennen konnte, während die Strahlen bei den übrigen Lagen der Kugel nicht in das Rohrinnere gelangten: die Kathodenstrahlen sind somit für das Zustandekommen der Erscheinung nicht notwendig.

Unsere oben gestellte Frage können wir auf Grundlage dieser Versuche dahin beantworten, dass die gegenseitige Durchdringung von Kathodenstrahlen nicht die Ursache der Ablenkung bildet.

Es bleibt somit nur die Annahme übrig: dass die von den ablenkenden Leitern ausgehenden elektrischen Schwingungen direkt auf die Kathodenstrahlen ablenkend einwirken.

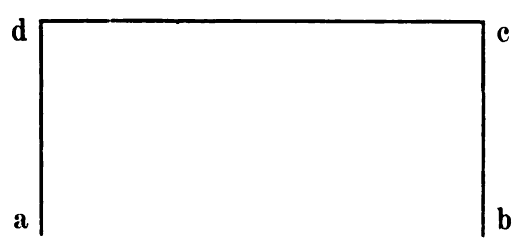
Diese Schlussfolgerung führt dann weiter zu folgender Frage:

3. Entstehen die Ablenkungen durch die Einwirkung der mit den elektrischen Schwingungen verbundenen magnetischen Wellen?

Die ablenkende Kugel war bei meinen Versuchen an einem 200 mm langen geraden Stifte befestigt, der mit dem Induktorpol metallisch verbunden war. Der Stift bezeichnet also die Fortpflanzungsrichtung der elektrischen Schwingung und ist somit als Axe einer magnetischen Wirbelbewegung anzusehen. Von der dem HITTORF'schen Rohre zugewandten Kugel wird die elektrische Störung zunächst ohne wesentlich in ihrer Richtung geändert zu werden, weitereilen und, die Glaswand durchsetzend, gemeinsam mit der sie begleitenden magnetischen Welle auf die Kathodenstrahlen treffen. Diese müssen also das durch magnetische Kräfte geänderte Feld durchdringen und hierin könnte der Grund für ihre Ablenkung liegen.

Hierbei muss nun erwartet werden, dass der sich entgegengesetzt bewegende Wirbel, welcher das Rohr durchsetzt, wenn statt des Kathodenpols der Anodenpol des Induktors mit dem ablenkenden Leiter verbunden ist, die entgegengesetzte Wirkung also Anziehung zur Folge hat.

Die Versuche hatten zunächst auch in diesem Falle in der Regel Abstossung gegeben (siehe diese Abh. Bd. XXI, p. 164). Nach längerem Tasten, wobei besonders am Depretz-Unterbrecher meines Induktors vielfach gestellt wurde, gelang es, die gesuchte Anziehung zu beobachten: es bildete sich ein kurzer aber schön ausgebildeter Schweif, welcher dem ablenkenden Leiter zugewandt war. Bei diesen Versuchen war es nicht gleichgiltig, welcher der beiden Pole der sekundären Spule des Induktors als Anodenpol wirkte. Bei einem kleineren Induktor liess sich weder bei dem einen noch dem anderen Pol eine deutlich ausgesprochene Anziehung beobachten (s. unten p. 186). Ist dieser Versuch für unsere Frage auch nicht entscheidend, so spricht er auch nicht gegen die Annahme, dass magnetische Kräfte die Ablenkung erzeugen; dagegen lassen die beiden folgenden Versuche kaum eine solche Annahme zu.



Wurde ein ⊓förmig gebogener Draht mit seiner Länge dc dem Hittorf'schen Rohr gegenübergestellt und der negative Induktorpol einmal mit a, das andere Mal mit b verbunden, während jedesmal das andere Ende frei blieb, so waren im ersten Falle die magnetischen Kreislinien von d aus gesehen im Sinne des Uhrzeigers, im zweiten im entgegengesetzten gerichtet; in beiden Fällen zeigte sich bei den Kathodenstrahlen nur die gewöhnliche Form der Abstossung eines genäherten Leiters.

Um die magnetische Wirkung zu verstärken, wickelte ich einen dünnen Draht zn einem Solenoid auf und richtete den einen Pol gegen das Hittorf'sche Rohr. Dann verband ich bald das eine, bald das andere Ende des Drahtes mit dem Kathodenpol des Induktors und beidemal beobachtete ich nur die gewöhnliche Form der Abstossung.

Es scheint mir aus diesen Versuchen zu folgen, dass es unwahrscheinlich ist, dass die mit den elektrischen Vorgängen verbundenen magnetischen Wellen die Schweifbildung erzeugen.

Folgende Versuche scheinen mir die Annahme, dass die elektrischen Schwingungen direkt ablenkend auf die Kathodenstrahlen einwirken, weiter zu unterstützen:

4. Versuche bei einpoliger Erregung der Hittorf'schen Röhre.

Unter einpoliger Erregung soll hier die Erregung des Rohres verstanden werden, wie sie erfolgt, wenn nur die gewöhnlich als Kathode benutzte Elektrode mit dem negativen Pol des Induktors verbunden ist, während die sonst als Anode benutzte unverbunden bleibt.

Die unter solchen Umständen in einem Hittorf'schen Rohre erzeugten Kathodenstrahlen werden durch den Magnet stärker als die unter gleichzeitiger Verbindung beider Elektroden mit dem Induktor enstehenden abgelenkt. Sie liessen daher eine grössere Empfindlichkeit für Ablenkung durch elektrische Schwingungen erwarten. Der Versuch ergab, dass das ablenkende Blech noch in einer Entfernung von 30 cm von der Rohraxe schwache Ablenkungen hervorrief, während früher bei 2,5 cm die Erscheinung erlosch.

In noch grösserem Abstande liess sich die Ablenkung konstatieren, als ich die ablenkende Schwingung des Induktors auf die Kathode einer Röntgen-Röhre leitete. Ich stellte Versuche mit drei verschiedenen Röhren (ohne Platinspiegel) an. Die erste war birnenförmig und 26 cm lang, ihre Kathode war eine Scheibe von 3,5 cm Durchmesser, ihr Vacuum war nicht genügend, um sehr intensive Röntgen-Strahlen zu geben. Die zweite war kugelförmig von 8 cm Durchmesser, ihre Kathode hatte 4,5 cm Durchmesser, ihr Vacuum war äusserst hoch, so dass keine Röntgen-Strahlen mehr von ihr ausgingen. Die dritte war cylinderförmig, 14 cm lang, hatte eine 2,5 cm grosse Kathode und hatte mit der Zeit ein so niedriges Vacuum erhalten, dass kräftig geschichtetes Anodenlicht beobachtet wurde.

Bei der ersten und dritten Röhre begann die Ablenkung der Kathodenstrahlen merklich zu werden, als die Kathoden der ablenkenden Röhren ca. 45 cm von der Axe des Röntgen-Rohres abstanden.

Bei der zweiten (mit äusserst hohem Vacuum) musste diese Entfernung auf 27 cm verringert werden.

Diese Versuche scheinen eine Einwirkung des Gasdruckes auf die Ausbildung der wirksamen Schwingungen anzudeuten und legen die Vermutung nahe, dass ein günstigster Gasdruck existiert, bei dem eine Ablenkung noch aus weit grösserer Entfernung beobachtet werden kann.

Eine Verstärkung der Ablenkung konnte erzielt werden, wenn ein Leiter von grösserer Flächen-Ausdehnung auf der anderen Seite des HITTORF'schen Rohres aufgestellt wurde.

Vernichtet wurde die Wirkung, wenn ein zur Erde abgeleiteter metallischer Schirm zwischen den ablenkenden Leiter und das HITTORF-sche Rohr gestellt wurde, schon ein 10 cm breiter Schirm war für diesen Versuch hinreichend.

Wurde der ablenkende Leiter nach einander in die Fig. 3 p. 180 durch Kreuze I bis IV bezeichneten Stellen gebracht, so trat zunächst eine Verstärkung der ablenkenden Wirkung ein, diese nahm zu bis zu einem Max., sank ab, um dann in IV auf 0 herabzugehen.

5. Ueber die Ausbildung des Lichtschweifs.

Das eigentümliche Verhalten des Lichtes in dem Schweife legte die Vermutung nahe, dass die örtlich neben einander liegenden Partieen zeitlich von einanander getrennt sind, derart, dass die am weitesten von dem ursprünglichen Orte des Fleckes abstehenden Teile des Lichtbandes am spätesten zur Ausbildung gelangen; dass also der Fluorescenzfleck nach und nach weiter aus seiner ursprünglichen Lage entfernt wird und die örtlich neben einander liegenden Teile des Lichtbandes zeitlich nach einander entstehen. Das Auge vermag wegen der Schnelligkeit des Ablaufs die einzelnen Phasen nicht zu verfolgen.

Die Bewegungen des aus der Sekundärspule des Induktors zu dem HITTORF'schen Rohr geleiteten elektrischen Störungen sind periodischer Natur, deren Charakteristik letzthin durch die schönen Versuche von BRAUN[1]) festgestellt ist. Nehmen wir von seinen Curven die unter Fig. 4 gezeichnete, welche hier in Fig. 5 reproduziert ist, so wird die Ausbildung der Kathodenstrahlen zeitlich

a b

Fig. 5.

[1]) BRAUN, Wied. Ann. 60, p. 552.

irgend einem Abschnitt der Curve entsprechen, sagen wir einmal dem Stücke a-b. Ist nun der ablenkende Leiter durch einen einfachen Draht mit dem Induktorpol verbunden, so wird die Intensität der elektrischen Kraft synchron mit den Vorgängen an der Kathode in dem HITTORF-Rohr anwachsen; ihr Maximumpunkt fällt dann vielleicht mit dem Zeitmoment zusammen, wo die Curve mit ihrer scharfen Ecke umbiegt. Diesem Zeitpunkt muss dann die grösste Ablenkung des Fluorescenzfleckes aus seiner ursprünglichen Lage entsprechen.

Man muss daher erwarten, dass der horizontal gelagerte Lichtschweif in einem schnell rotierenden Spiegel, dessen Rotationsaxe paralell der Schweifrichtung steht, betrachtet, nicht wie in dem ruhenden Spiegel horizontal liegt, sondern eine gegen diese Richtung geneigte Lage annimmt, deren Neigung mit zunehmender Rotationsgeschwindigkeit zunimmt.

Der mit einem schnell rotierenden Spiegel (ca. 70 Touren pro Sekunde) durchgeführte Versuch entsprach in der That der Erwartung: die Fig. 6 giebt unter a das mit Hülfe des rotierenden Spiegels und Fernrohrs beobachtete Bild des einfachen Flecks, unter b das Bild des horizontal gelagerten Lichtbandes, wenn der Spiegel schnell rotiert, und unter c das Bild bei weit langsamerer Rotation.

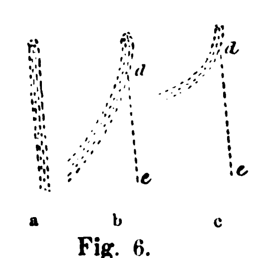


Fig. 6.

Diese Beobachtungsmethode lässt quantitative Bestimmungen z. B. auch der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Kathodenstrahlen u. s. w. zu, worüber ich in Kürze zu berichten gedenke. Uebrigens ersehe ich während des Druckes aus dem eben einlaufenden Heft 8 der Beiblätter p. 649, das sich schon DES COUDRES mit ähnlichen Problemen befasst hat und auch zu ähnlichen Anschauungen über die Ausbildung der Kathodenstrahlen gelangt ist.

Wir können das Resultat unseres Versuches so aussprechen:

Die durch elektrische Schwingungen hervorgerufene fächerförmige Ausbreitung eines Bündels paralleler Kathodenstrahlen entsteht in der Weise, dass durch die mit der Zeit anwachsende Intensität der Wirkung auf den ablenkenden Leiter dem Bündel unter sich parallel bleibender Strahlen nach und nach andere Richtungen erteilt werden.

Soll demnach der Schweif zu seiner kräftigsten Ausbildung kommen, so müssen die zu dem Hittorf'schen Rohre geleiteten Schwingungen mit den auf den ablenkenden Leiter geführten völlig synchron sein.

Alles, was diesen Synchronismus stört, wie die Induktion eingeschalteter Spulen oder eine in den Leiterkreis gefügte Kapacität, schwächt die Wirkung, wie meine Beobachtungen ergeben haben.

Dass die Verwendung zweier Induktoren, von denen der eine das Hittorf'sche Rohr, der andere den ablenkenden Leiter speist, keine regelmässigen Ablenkungen giebt, erklärt sich einfach und ungezwungen durch den nicht stattfindenden Synchronismus der elektrischen Bewegungen auf beiden Leiterkreisen; die gleiche Bemerkung trifft bei der gleichzeitigen Verwendung von Induktor und Influenz-Maschine zu.

Ebenso einfach erklärt sich die Thatsache, dass die Ablenkung bei Verbindung des ablenkenden Leiters mit dem Anodenpol des Induktors so schwach oder oft gar nicht, ja häufig in gleicher Weise wie bei Verbindung mit dem Kathodenpol beobachtet wird.

Der Ablauf der Schwingungen in der Sekundärspule eines Induktors ist nicht symmetrisch, ausserdem treten bekanntlich Partial-Entladungen auf, es kann also die elektrische Welle an dem Kathodenpol längst ihre Maximal-Wirkung entfaltet haben, ehe sie auf dem Anodenpol zur Ausbildung gelangt und umgekehrt. Es muss daher aus den oben auseinander gesetzten Gründen eine weniger intensive Wirkung des Anodenpols erwartet werden. Hierbei kann es eintreten, dass die beiden Pole des Induktors nicht gleich wirken, und dass verschiedene Induktoren durchaus ungleiches Verhalten zeigen, wie meine Versuche ergeben haben. Die Erscheinung kann geradezu benutzt werden, um die Entladungsvorgänge in einem Induktor zu studieren.

Die hier besprochenen Umstände scheinen mir auch eine ungezwungene Erklärung für das negative Resultat Goldstein's[1]) zu sein, dass die Anode deflektorische Eigenschaften nicht hat, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass man bei manchen von ihm durch-

[1]) Goldstein, Elektrische Abstossung, p. 101, 108, 171 und an andern Stellen.

geführten Versuchen zu anderen Resultaten kommen würde, wenn ein Induktorium zur Erregung der Röhre benutzt würde, das symmetrischer ablaufende Schwingungen erzeugt.

6. In welcher Beziehung stehen die hier beschriebenen Ablenkungs-Beobachtungen zu den bisher bekannten?

Die von Goldstein, Deslandres, Bernstein, Jaumann, Wiedemann und G. C. Schmidt und von mir beobachteten Erscheinungen fallen nach meinen bisherigen Untersuchungen alle unter das p. 173 formulierte Gesetz.

Die von Bernstein und Deslandres letzthin angestellten Versuche halte ich für völlig identisch mit den Goldstein'schen Deflexions-Erscheinungen.[1] Soweit unsere bis jetzt bekannten experimentellen Erfahrungen reichen, sind sie an das gleichzeitige Auftreten eines zweiten Bündels von Kathodenstrahlen gebunden.

Dass solche Nebenstrahlen für das Zustandekommen der von mir beobachteten Ablenkungsformen nicht notwendig sind, habe ich durch besondere Versuche erwiesen. Treten Kathodenstrahlen auf, so sind sie als eine reine Begleiterscheinung aufzufassen. Vorläufig scheint mir hierin Grund genug für die Anschauung zu liegen, dass unsere Form der Ablenkung nicht mit der Goldstein'schen Deflexion zu identificieren ist.

Auch von der Jaumann'schen Form der Ablenkung sind die hier behandelten verschieden. Jaumann erzielt seine Ablenkungen durch Bewegen eines statisch geladenen Systems, bei mir entsteht die Ablenkung durch die Bewegung der Elektricität auf einem ruhenden Leitersystem oder besser gesagt durch elektrische Schwingungen.

Deslandres glaubt in der fächerförmigen Ausbreitung des Fluorescenzfleckes eine dem Lichtspektrum ähnliche Erscheinung sehen zu sollen und schliesst auf eine „complexité du rayon cathodique“ C. R. 124, p. 948.

Nach dem hier vorgetragenen wird man die Erscheinung einfach durch den zeitlichen Ablauf der Schwingungsvorgänge auf der Kathode

[1] Vergl. darüber auch das Referat in den Beiblättern Heft 8, 1897, p. 649.

in der p. 184 besprochenen Weise erklären. Würden wir Kathodenstrahlen verschiedener Natur vor uns haben, so müssten nach Lenards Untersuchungen die Ablenkungen durch den Magnet in der Weise vor sich gehen, dass der kreisrunde Fleck zugleich mit seiner Lage auch eine Gestaltsänderung erführe.

Die Ablenkungen der Kathodenstrahlen durch magnetische und elektrische Kräfte haben mancherlei gemeinsames. Ich beobachtete (p. 174), dass die Helligkeit des Fluorescenzflecks zunahm, wenn der ablenkende Leiter in der Ebene der Kathode dem Hittorf'schen Rohre genähert wurde. Eine Verstärkung der Helligkeit trat auch ein, wenn die Kathodenstrahlen ein magnetisches Kraftfeld in der positiven Richtung der Kraftlinien durchliefen. Der Nachweis dieser Thatsache, die ich wiederholt an verschiedenen Rohren bestätigen konnte, wird durch den Umstand, dass die verschiedenen Stellen des Schirmes nicht gleich hell leuchten, etwas erschwert.

Bemerkenswert für die Erkenntnis der Natur der Kathodenstrahlen scheint mir nachfolgende — mit dem Vorhergehenden allerdings an sich nicht in Zusammenhang stehende — Beobachtung zu sein, die ich oft gemacht habe, dass nämlich beim Auspumpen von Röntgen-Röhren, bei dem das zur Luftpumpe führende Rohr in der Nähe der Kathode angesetzt ist, die letzten Gasreste trotz lange Zeit anhaltenden Pumpens niemals zu entfernen waren, wenn elektrische Schwingungen das Rohr erfüllten, während dieses mit wenigen Pumpenzügen möglich war, wenn keine Entladungen stattfanden. Ich suche die Erklärung dieser Erscheinung nicht darin, dass die Kathodenstrahlen mit der Bewegung der das Rohr erfüllenden Gasmenge in Zusammenhang stehen, denn Lenard hat durch seine klassischen Versuche gezeigt, dass die Kathodenstrahlen *nicht an die Materie geknüpft* sind. Aber es scheinen mir in dieser Beobachtung Andeutungen vorhanden zu sein, dass der Aether in dem Zustande, wo ihn elektrische Schwingungen erfüllen, der Bewegung der Gase einen Widerstand entgegensetzt, der lebhaft an die als Undurchdringlichkeit

der Materie bezeichnete Eigenschaft erinnert; ein Gedanke, der sich immer wieder aufdrängt, wenn man die Erscheinungen, von denen diese Mitteilung handelt, fortlaufend in ihren je nach den Versuchsbedingungen mannigfach wechselndem Bilde aufmerksam verfolgt.

Nachtrag bei der Korrektur.

Bei eingehenderer Durchsicht der Literatur über die Entladung der Elektrizität in Gasen finde ich, dass Manches von den oben beschriebenen Erscheinungen auch beobachtet wurde, wenn die elektrischen Entladungen in Gasen unter höherem Drucke stattfanden. Diese Vorgänge lassen sich leicht verfolgen, wenn man während des Auspumpens einer HITTORF'schen Röhre die erleuchteten Gase dem Einflusse elektrischer oder magnetischer Kräfte unterwirft.

Man findet auch bei höherem Drucke Ablenkungserscheinungen, welche u. a. von HITTORF[1]), SPOTTISWOODE und MOULTON[2]), G. und besonders E. WIEDEMANN[3]) eingehend untersucht sind.

Die erstgenannten Forscher fanden nun, dass die Ablenkungen nur entstehen, wenn intermittierende Entladungen in dem verdünnten Gase übergehen. Solche Entladungen wurden als „empfindliche" bezeichnet und die Empfindlichkeit wird mit Hilfe von Funkenstrecken, welche an irgend einer Stelle in der Leitung geschaltet werden, erreicht.

Dass auch bei den Kathodenstrahlen ähnliche Verhältnisse vorliegen, zeigte ich pag. 166. Allerdings zeigen sich wesentliche Unterschiede gegen die Erscheinungen bei den Entladungen in Gasen von hohem Drucke. Bei der Ablenkung der Kathodenstrahlen *ist das allein massgebende für die Ablenkung die Schwankung in dem Felde, das die Kathodenstrahlen durchlaufen.* Ich habe darüber in den letzten Tagen noch folgenden Kontrolversuch angestellt. Um sehr intensive Wirkungen zu erhalten, verband ich zwei 16 cm von einander abstehende Metallplatten von 40×53 qcm Fläche mit den Polen einer Influenzmaschine. Der Fluorescenzfleck in dem HITTORF'schen Rohre wurde *nicht* abgelenkt, wenn *keine* Funken

---

1) HITTORF, Wied. Ann. 7, p. 566, 20, p. 705 und 21 Heft 1.
2) SPOTTISWOODE und MOULTON, Philos. Transact. 1869 1, p. 561 u. 2, p. 165.
3) E. WIEDEMANN, Wied. Ann. 9, p. 157, 10, p. 202, 20, p. 756.

zwischen den Polkugeln der Maschine übergingen, mochten nun die Kathodenstrahlen durch die Influenzmaschine erzeugt sein oder durch die discontinuirlichen Entladungen eines Induktors, wenn er das HITTORF'sche Rohr einpolig erregte, so dass also die Strahlen sehr empfindlich waren; sowie jedoch Funken übergingen, erfolgten in beiden Fällen Abstossungen.

Dagegen wurden die Kathodenstrahlen in dem Felde zwischen den Platten abgelenkt, wenn sie von der Influenzmaschine ohne Funkenübergang erzeugt waren, die Platten aber durch die Schwingungen des Induktors gespeist wurden.

Bei den Versuchen mit Gasen unter höherem Drucke dürfte nach HITTORF unter diesen Umständen eine Ablenkung nicht erreicht werden.

Dass bei diesen Versuchen trotz des mangelnden Synchronismus der Elektrizitätsbewegungen auf beiden Leitersystemen Ablenkungen beobachtet werden, erklärt sich aus der grossen Empfindlichkeit der Kathodenstrahlen einerseits und der durch die grosse Flächenausdehnung der ablenkenden Leiter ungemein gesteigerten Wirkung anderseits. Unter solchen Umständen können Ablenkungen sehr wohl beobachtet werden, wenn nur die auf beiden Leiterkreisen vorhandenen Schwingungen so ablaufen, dass die einzelnen Teile der Erscheinung noch in die gleiche Zeit zusammenfallen, was bei der Häufigkeit, mit der die Funkenübergänge der Influenzmaschine stattfinden, eintritt. Dass die Erscheinung auch in diesem Falle sehr viel intensiver aufträte, wenn Synchronismus vorhanden wäre, ist sehr wahrscheinlich.

Sowie die Kathodenstrahlen intensivere und die ablenkenden Leiter geringere Flächenausdehnung besitzen, ist der Synchronismus zu einer regelmässigen und kräftigen Ablenkung unbedingt erforderlich; das hat sich in allen meinen Versuchen gezeigt.

Auf die Notwendigkeit des Synchronismus hat übrigens auch schon G. WIEDEMANN hingewiesen.[1])

Die von mir pag. 7 [177] beschriebene schalenförmige Ausbuchtung ist auch bei den elektrischen Entladungen in Gasen unter hohem Druck beobachtet.[2])

Anderseits habe ich auch die von G. WIEDEMANN l. c. p. 520

[1]) G. WIEDEMANN, Lehre von der Elektrizität, IV, 1, p. 519.

[2]) G. WIEDEMANN, l. c. p. 519.

beschriebenen Einschnürungen durch umgelegte zur Erde abgeleitete Staniolringe an den Kathodenstrahlen beobachtet.

Ich vermute, dass meine diesbezüglichen Beobachtungen unter annähernd gleichen Bedingungen wie die älteren angestellt sind. Aus den an dem angeführten Orte bezeichneten Figuren lässt sich nichts über die Gestalt der Röhren und besonders die Lage der Elektroden entnehmen. Das bei diesen Versuchen von mir benutzte Rohr war cylindrisch gestaltet; an dem einen (oberen) Ende sass die Kathode, 18 cm davon die Blende, während die Anode in einem an dem oberen Ende des Rohres hinter der Kathode angesetzten Seitenrohr angebracht war, so dass die in dem Beobachtungsraume befindliche Gasmenge direkt an der Leitung der Elektrizität nicht beteiligt war und hier lediglich nur Beobachtungen an Kathodenstrahlen gemacht werden.

Halle a. S., Physikalisches Institut, August 1897.

Zum Schlusse möchte ich auch an dieser Stelle Herrn Fabrikanten Hans Hauswaldt in Magdeburg meinen aufrichtigsten Dank abstatten für die Munificenz, mit der er sich um die Förderung physikalischer Arbeiten verdient macht. Nur durch seine Freigebigkeit war es mir möglich, die Apparate zu den Versuchen, von denen ein Teil in den vorliegenden Mitteilungen zur Darstellung kam, zu beschaffen.

DIE
GATTUNG GASTROTHYLAX.

VON

DR. G. BRANDES,
PRIVATDOCENT FÜR ZOOLOGIE IN HALLE A. S.

Mit Tafel VII und VIII.

Die im folgenden niedergelegten Ergebnisse einer eingehenden Untersuchung der Amphistomiden-Gattung *Gastrothylax* hatte ich schon am 24. Februar 1896 der Naturforschenden Gesellschaft vorgelegt. Die beabsichtigte sofortige Publikation derselben unterblieb aber damals, weil noch vor der Fertigstellung des Manuskriptes zwei Arbeiten erschienen, die notwendig berücksichtigt werden mussten. In der einen wird uns durch Looss[1]) eine neue Art gemeldet, die mir allerdings schon aus altem Berliner Museums-Material bekannt war, und in der anderen Abhandlung beschreibt Otto[2]) nicht nur diese von Looss gesammelte Art, sondern auch den am längsten bekannten Vertreter dieser Gattung, *Gastrothylax crumenifer* Crepl. in ziemlich ausführlicher Weise. Beide Arten waren auch von mir untersucht worden, ausserdem hatten mir aber noch drei andere Species vorgelegen, sodass die Publikation meiner Arbeit nicht etwa überflüssig geworden war, jedoch ich fand in der Otto'schen Arbeit eine Reihe von Punkten, die im Widerspruch zu meinen Beobachtungen standen und die mich deshalb wünschen liessen, meine Schnittserien von neuem zu prüfen und womöglich auch die Präparate Otto's einzusehen. Dank der Liebenswürdigkeit des Herrn Dr. Otto ist es mir denn auch vergönnt gewesen, meine Präparate mit den seinigen zu vergleichen und die

---

[1]) Looss, Faune parasitaire de l'Egypte. Mémoires de l'Institut égyptien, Tome III, 1896.

[2]) Beiträge zur Anatomie und Histologie der Amphistomeen. *Gastrothylax gregarius* Looss, *Gastrothylax crumenifer* Creplin, *Amphistomum conicum* Rud., *Amphistomum bothriophoron* Braun, *Amphistomum gigantocotyle* Brandes, *Amphistomum subtriquetrum* Rud., *Gastrodiscus polymastos* Leuckart. Inauguraldissertation Leipzig 1896.

fraglichen Punkte klar zu stellen. Die sofortige Erledigung dieser Nachuntersuchung wurde damals aber durch Angelegenheiten persönlicher Natur hinausgeschoben, erst im Laufe dieses Sommers konnte ich daran denken, meine Präparate von neuem durchzusehen und die fraglichen Punkte gründlich zu prüfen.

Das von mir verarbeitete Material stammt aus den Museen von Berlin und Wien und zwar hauptsächlich aus Gläsern, die mit der Aufschrift *Amphistomum* sp.? versehen waren. Ausserdem schenkte mir auch Herr Prof. Looss (z. Z. in Cairo) eine Anzahl der von ihm neu beschriebenen Art aus dem Magen des ägyptischen Büffels.

Auch an dieser Stelle ihm und den Verwaltungen der beiden genannten Museen meinen aufrichtigen Dank!

Die Gattung *Gastrothylax* wurde erst im Jahre 1883 von Poirier [1]) aufgestellt, aber schon 36 Jahre vorher hatte Creplin [2]) einen Vertreter dieser Gattung im Pansen des Rindes aufgefunden, nur hatte er, wie es so oft geht, den Genuscharakter als der Species eigentümlich angesehen und so dem Tiere den Namen *Amphistomum crumeniferum* gegeben. Erst als Poirier zwei Amphistomen auffand, die ebenfalls eine tiefe Tasche auf der Bauchseite besassen, im übrigen aber von der Creplin'schen Art unterschieden waren, schritt man dazu, für diese mit einer Bauchtasche versehenen Formen eine Gattung zu gründen, für die der französische Helminthologe den bezeichnenden Namen *Gastrothylax* wählte. Es sei nebenbei bemerkt, dass die Speciesbezeichnung nicht neutral (cf. *elongatum* Poirier) endigen darf, sondern männlich oder weiblich, da die Tasche ὁ oder ἡ θύλαξ heisst; ich werde, dem Vorgange von Looss folgend, den Artnamen männlich bilden.

Wenn wir uns nun dazu wenden, die Gattung eingehend zu schildern, so beginnen wir wohl am besten mit demjenigen Charakter, der die Arten vor allen anderen Amphistomiden auszeichnet, mit der

---

[1]) Bullet. de la Société philomatique, Tome VII, 1883.

[2]) Arch. f. Naturg., Berlin 1847, S. 30.

Bauchtasche.

Am unverletzten Tiere bemerkt man am vorderen Körperpol, unterhalb der Mundöffnung einen querverlaufenden Spalt von ziemlicher Ausdehnung, der in einen tiefen Hohlraum führt (Taf. VII, Fig. 16; Taf. VIII, Fig. 1 und Fig. 13). Dieser erstreckt sich stets bis in die Region des hinteren Saugnapfes, zeigt aber im übrigen bei den einzelnen Arten eine verschiedene Ausbildung. Während er bei *G. elongatus* und *spatiosus* im Querschnitt das Aussehen eines gleichseitigen Dreiecks hat (Taf. VII, Fig. 8), ist er bei *G. compressus* und *gregarius* auf einen im Querschnitt drei- oder vierzipfligen Spaltraum beschränkt (Taf. VIII, Fig. 11 und Fig. 14). Aus dem Vergleich der soeben erwähnten Querschnittsbilder ist zu ersehen, dass diese Verschiedenheit auf der Lagerung der Darmschenkel und der Geschlechtsorgane beruht. Bei *G. elongatus* und *spatiosus* liegen Darmschenkel, Uterus- und Samenblase in einer Seite des Dreiecks, und zwar in der dorsalen, diese ist also der eigentliche Körper des Wurmes, bei der zweiten Gruppe ist die dorsale Seite durch die Bauchtasche gefurcht und demzufolge sind die genannten Organe in zwei dorsalen Seiten des Dreiecks angeordnet, die sich ins Innere vorwulsten und dadurch den Hohlraum verkleinern. *G. crumenifer* schliesst sich diesem letzteren Typus an, aber die Vorwulstung der dorsalen Seitenwände ist so gering, dass der Querschnitt ein sehr weites Lumen aufweist (cf. Taf. VIII, Fig. 1a).

Es ist nun von grösstem Interesse, zu erfahren, welche Funktion dieser Bauchtasche zukommt. Poirier, der ihren Inhalt als eine blutartige Flüssigkeit bezeichnet, glaubt, dass die Höhlung der Ernährung des Wurmes zu dienen hat, sei es, dass sie das Analogon eines Darmschenkels vorstellt, also direkt die Ernährungsflüssigkeit durch die Wandung aufsaugt, sei es, dass sie als Reservoir für die Nahrung dient, die nachher durch den Mund aufgenommen wird. Für die erste Erklärung spricht nach Poirier's Argumentation hauptsächlich die grosse Zartheit der Cuticula innerhalb der Tasche und die verhältnismässig geringe Entwicklung der Darmschenkel. Gegen diese Auffassung der Tasche als Teil des Verdauungsapparates wendete sich Braun bei der zweiten Tagung der deutschen Zool. Gesellschaft in Berlin. Braun erhielt aus dem Magen eines Zebu von Madagascar

ein vorher nicht bekanntes *Amphistomum*, das durch ein enorm grosses Genitalatrium ausgezeichnet war, und meinte, in diesem grossen Geschlechtsvorraum einen Uebergang zu der Bauchtasche der *Gastrothylax*-Arten erkennen zu müssen, eine Ansicht, die ihm um so wahrscheinlicher erschien, als er mehrmals Eier des Tieres in grösserer Anzahl in der Tasche gefunden hatte.

Meine Untersuchungen haben keine Anhaltspunkte für die Berechtigung dieser Ansicht erbringen können, ich habe im Gegenteil Thatsachen gefunden, die einer solchen Deutung direkt widersprechen. Bei mehreren *Gastrothylax*-Arten mündet nämlich die Geschlechtsöffnung nicht unmittelbar in die Bauchtasche, sondern sie ist erst von einem Genitalatrium umgeben, so z. B. bei *G. elongatus* (Taf. VII, Fig. 6), in ganz besonders kräftiger Weise ist dieser Vorraum aber bei *G. gregarius* entwickelt, wie ein Blick auf die Fig. 13 der Taf. VIII ohne weiteres zeigen dürfte. Kein Unparteiischer wird hier die Bauchtasche als ein Genitalatrium ansehen wollen.

Weiterhin stützt aber auch der histologische Bau der inneren Wandung der Bauchtasche durchaus die Poirier'sche Auffassung. Auf die Zartheit der Cuticularschicht hat Poirier selber schon hingewiesen. Ausserdem finden sich aber noch unter der Cuticula und senkrecht zu ihr stehend sehr sonderbare cylinderepithelartige Zellen, die ein stark gekörntes Protoplasma enthalten. Diese Zellen (Taf. VIII, Fig. 8a), die auch von Looss und von Otto erwähnt werden, dringen tief in den Hautmuskelschlauch ein. In ihrem basalen Abschnitt liegt ein ziemlich grosser Kern, der aber nicht leicht aufzufinden ist, weil er meist von einer gelbroten Masse umgeben ist. Dies gilt aber nur für Material, das noch nicht Jahrzehnte lang in Spiritus gelegen hat, sondern verhältnismässig frisch zur Verarbeitung kommt. An solchem frischen Materiale, dass mit Hämatoxylin-Eosin gefärbt wurde, erschien der äussere Teil des Protoplasmas rosa, während der basale Abschnitt die ihm wahrscheinlich auch im Leben zukommende dunkel-gelbrote Farbe aufwies, durch die der gefärbte Kern deutlich hervorschimmerte. Da Looss am lebenden Tiere die ganze Zellschicht gelbrot gesehen hat, ist es nicht zu verwundern, dass zuweilen auch an conserviertem Material der gesamte körnige Inhalt der Zellen gelbrot erscheint. Bei einigen Schnittserien von *G. gregarius*, die nur mit Haematoxylin gefärbt

wurden, glaubte ich eine vortrefflich gelungene Doppelfärbung vor Augen zu haben, so scharf hoben sich die gelbroten „Pallisadenzellen“ von dem übrigen Gewebe ab. Es ist anzunehmen, dass auch die Rotfärbung der äusseren Körperbedeckung, die wir wenigstens von lebenden Individuen der Arten *gregarius* und *crumenifer* kennen, durch diese Zellen und ihren Inhalt bedingt werden.

Ich kann es mir nicht versagen, eine Vermutung über das Wesen und die Herkunft dieser gelbroten Färbung auszusprechen. Es ist bekannt, dass ein zuerst in den Möhren aufgefundener Farbstoff, das Carotin, bei einer Reihe von Tieren und Tierprodukten nachgewiesen ist. Hier sind beispielsweise zu nennen: Spaltfusskrebse, Rädertiere, Butter und Eigelb.[1]) Ebenso weiss man seit langem, dass die Butter und der Eidotter eine intensivere Färbung besitzen, wenn die Kühe und Hühner auf die Wiese gehen, also lebende Pflanzen fressen. Es scheint also die Bildung von Carotin mit der Aufnahme von Chlorophyll in irgend einer Beziehung zu stehen, und es wäre nicht unmöglich, dass auch in unserem Falle die für Trematoden ungewöhnliche rote Farbe eine Carotinart ist, die aus dem Chlorophyll der in der Bauchtasche zur Verdauung kommenden Pflanzentrümmer entsteht. Ich hoffe, in kürzester Frist genügendes Material zu erhalten, um diese Vermutung des näheren zu prüfen.

Um noch einmal auf die Pallisadenzellen zurückzukommen, so beobachtet man häufig in dem körnigen Protoplasma grössere oder kleinere Hohlräume, Vacuolen, die bald im Centrum, bald ganz an der Peripherie liegen. Von einander getrennt sind die Zellen durch die Ausläufer der Parenchymmuskeln, die auf Querschnitten zu einem festen Maschenwerk vereinigt scheinen (Taf. VIII, Fig. 16).

Das ganze Aussehen, der Bau und die Anordnung weisen darauf hin, dass wir es in den Pallisadenzellen mit Gebilden zu thun haben, die dem Verkehr zwischen den Geweben des Tieres und dem umspülenden Medium, das heisst also „der Ernährung“ dienen. Poirier hat darauf hingewiesen, dass ein Hilfsorgan für die Ernährung bei diesen Tieren nichts auffallendes sei, da der Darm eine verhältnismässig geringe Entwickelung habe. Ich dagegen möchte die Auf-

---

[1]) Vergl. Zopf, Die Färbungsursache nied. Organism. Beitr. zur Phys. u. Morph. niederer Organismen. Heft 3, 1893. Leipzig, Arth. Felix.

merksamkeit darauf lenken, dass sämtliche *Gastrothylax*-Arten im Pansen von Wiederkäuern gefunden sind, also an einem Orte, wo von einem Speisebrei, der für gewöhnlich die Nahrung der Helminthen bildet, noch keineswegs die Rede sein kann. Es ist daher durchaus nicht unwahrscheinlich, dass der von der Bauchtasche aufgenommene Panseninhalt durch die Thätigkeit der Pallisadenzellen umgewandelt und verdaut wird. Undenkbar wäre es auch nicht, dass in der Bauchtasche nur eine Auflösung der Nahrung, besonders der Pflanzenteile vor sich ginge, die Ueberführung in den Körper aber erst durch den Pharynx stattfände. Nun dem sei, wie ihm wolle, soviel steht mir jedenfalls fest, dass die Bauchtasche keinen anderen Zwecken als denen der Ernährung dient.

Als was sind nun aber diese Pallisadenzellen morphologisch aufzufassen? Meines Erachtens als ein wirkliches Epithel, dessen Elemente allerdings nicht einer Basalmembran aufsitzen, sondern mit ihren kernhaltigen Basalteilen ins Innere des Körperparenchyms eingedrungen sind, ganz wie dies Bochmann[1]) für die sogen. Subcuticularzellen wahrscheinlich gemacht hat. In Fig. 8a (Taf. VIII) habe ich ein Stück der Wand der Bauchtasche dargestellt. Man sieht die kernhaltigen Teile der Subcuticularzellen (*ep*) und die Fussteile der Pallisadenzellen (*pz*) in einer Ebene zwischen den äusseren Ring- und Längsmuskelfasern liegen. Es sind zwei verschiedene Modifikationen der anfänglich einheitlich gebauten Epithelzellen: die einen sind differenziert zu Verdauungszellen, die anderen sind die Bildungszellen der hier nur äusserst zarten Cuticula.

Zu erwähnen ist noch, dass zu einem basalen kernhaltigen Teile der Pallisadenzellen häufig zwei oder gar drei cylindrische periphere Teile gehören: es verästeln sich also diese Zellen, ganz ähnlich wie sich die Ausführungsgänge der Subcuticularzellen häufig teilen (siehe Blochmann l. c. Taf. I).

Nachdem wir so den wesentlichsten Charakter der von uns untersuchten Gattung kennen gelernt haben, wollen wir auch die übrigen, der Gattung eigentümlichen Merkmale kurz erwähnen.

---

[1]) Die Epithelfrage bei Cestoden und Trematoden. Mit 2 Tafeln. Hamburg, Lucas Graefe u. Sillem, 1896.

Saugnapf und Verdauungstractus.

Wie bei allen Amphistomiden ist nur ein Saugnapf vorhanden, der den hinteren Körperpol einnimmt. Meist ist seine Oeffnung ein wenig nach der Bauchseite zugekehrt. Ein Mundsaugnapf fehlt, dagegen ist der Pharynx sehr kräftig entwickelt.[1]) Der meist ganz ansehnliche Oesophagus führt in den zweischenkligen Darm, der zwar eine kräftige Ausbildung hat, aber in Hinsicht auf die gewaltige Körpermasse doch nicht gross genannt werden kann, zumal er nur bei *G. crumenifer* bis in die Nähe des Saugnapfes hinabreicht, bei anderen schon im zweiten Drittel des Tieres sein Ende erreicht.

Das einschichtige Cylinderepithel des Darmes ist sehr kräftig entwickelt und lässt stets drei verschieden färbbare Teile erkennen. Basalwärts liegt der stark färbbare Kern in einem Protoplasma, das sich durch dunklere Tinktion von dem peripher gelegenen auszeichnet; dieser periphere dickere Teil der Epithelschicht ist bedeckt von einem Cuticularsaum, der eine deutliche Streifung zeigt, als ob er aus lauter Säulchen zusammengesetzt sei. Das auffallendste ist aber das völlige Fehlen irgendwelcher Zellgrenzen. Es ist mir trotz der grossen Elemente weder auf Quer- noch auf Längsschnitten durch das Epithel gelungen, Zellgrenzen aufzufinden. Im unteren Teile des Epithels rufen allerdings die zahlreichen, aber doch stets deutlich von einander getrennten Kerne oft den Eindruck hervor, als ob jeder Kern zu einer Zelle gehöre, verfolgt man die scheinbare Zellgrenze dann aber nach der Peripherie zu, so muss man feststellen, dass in dem heller gefärbten Protoplasma keine Spur von einer Grenze zu sehen ist. Die früheren Forscher sprechen stets von einem Epithel ohne die Zellgrenzen besonders zu erwähnen. Aber wenn wir die vorzüglichen Abbildungen, die Looss vom Darmepithel giebt,[2]) zu Rate ziehen, so finden wir auch nicht eine Andeutung einer Zellgrenze. Dasselbe gilt für die von Looss in den „aegypt. Parasiten“ abgebildeten Cercarien: trotz der verhältnismässig geringen Anzahl von Kernen ist bei diesen auch auf Bildern, die nach Schnittpräparaten gezeichnet wurden, keine Zell-

[1]) Pharynx wie Saugnapf besitzen keine besondere Membran.

[2]) Die Distomen der Frösche, Taf. IV, Fig. 70; Taf. V, Fig. 98.

membran zu erkennen. Es lassen übrigens auch die betreffenden Abbildungen anderer Forscher die Zellmembran mehrfach vermissen.

Es ist mir aus diesen negativen Befunden sehr wahrscheinlich geworden, dass wir in der Epithelschicht des Darmes ein Syncytium vor uns haben, eine Thatsache, die nicht so völlig unerhört scheinen wird, wenn man berücksichtigt, dass derartige Syncytien als Darmepithelien schon bei Arthropoden beschrieben wurden.[1])

Betreffs der

Geschlechtsorgane

ist eine weitgehende Uebereinstimmung vorhanden: bei allen Arten finden sich unmittelbar vor dem Saugnapf zwei mehr oder weniger gelappte Hoden, zwischen ihnen und dorsalwärts von ihnen das Ovarium, das Ootyp mit der Schalendrüse und dem Laurer'schen Kanal. Die Vasa deferentia vereinigen sich zu einer stets kräftig entwickelten Vesicula seminalis, die schliesslich in einen Ductus ejaculatorius übergeht. Der Uterus knäult sich meist dorsal von den Hoden etwas auf, läuft von dort aus aber im ziemlich gestreckten Verlaufe nach vorn. Die Geschlechtswege münden auf einer in der Mittellinie der Ventralseite des eigentlichen Körpers ziemlich weit vorn gelegenen kreisrunden Papille dicht hintereinander aus und zwar mündet der Ductus ejaculatorius stets oberhalb des Uterus (Taf. VII, Fig. 6). Eine Vereinigung der beiden Kanäle, wie sie Otto abbildet, findet niemals statt.

Das Excretionsgefässsystem

mündet mit einem median gelegenen Porus dorsalwärts vom Saugnapfe nach aussen. Die Endblase ist nicht sehr gross, aber stets von einer grossen Anzahl kleinerer Gefässe dicht umsponnen. Aus ihr entspringt auf jeder Seite ein grosses Gefäss, das in gerader Linie nach vorn verläuft. Dieses hält sich in nächster Nähe des Darmschenkels, in der Mitte des Körpers etwa teilt es sich und begleitet nun den Darm auf zwei Seiten. Der mediane Ast endet aber bald, indem er mit dem der anderen Seite verschmilzt, der laterale Ast versorgt den vorderen Körperpol, besonders die Umgebung des Pharynx, wo er

---

[1]) Balbiani, Sur le tube digestif de Cryptops. Arch. zool. exp. 2. Sér. VIII. 1890.

sich in eine Anzahl ziemlich grosser, dem Pharynx dicht anliegender Gefässe auflöst. Die genannten Gefässe sind die einzigen Längsgefässe, von denen aber meist im rechten Winkel zahlreiche Aeste abgehen, die die Wände der Bauchtasche durchziehen.

Von den genannten Längs- und Quergefässen entspringen noch feinere Aeste, die sich einerseits zwischen den Basalteilen der Pallisadenzellen, andererseits auf den Darmschenkeln zu einem Netzwerk (wie es bei *Clinostomum gracile* Leidy durch Looss[1]) beispielsweise bekannt geworden ist) anordnen.

Wenn Looss in dieser soeben citirten Arbeit und auch in seiner neuen grossen Arbeit über die Frosch- und Fischdistomen dieses von ihm bei *Clinostomum* studirte Netzwerk als Verästelung der Endblase auffasst, kann ich mich hierin ihm nicht anschliessen. Der einzige Grund für die Ansicht von Looss ist die Uebereinstimmung der körnigen Inhaltsmassen in der Endblase und in dem Netzwerk. Ich erkläre diese Thatsache, die ich auch für unsere *Gastrothylax*-Arten konstatieren kann, damit, dass die Ausscheidungsprodukte in dem der Wimpertrichter ermangelnden Capillarnetz länger verharren, als in den Ausführungskanälen, deren Wimperzonen für einen schnellen Transport der Concremente in die Endblase Sorge tragen. Meines Erachtens würde die Auffassung von Looss die Ausbreitung des Capillarnetzes unterhalb der Pallisadenzellen der Bauchtasche und unterhalb des Darmepithels nicht zu erklären im Stande sein: an diesen Stellen ist der Hauptsitz des Stoffwechsels, also gerade hier sind Gefässe zur Aufnahme der unbrauchbaren Endprodukte zu erwarten.

Zu erwähnen sind ausserdem noch zwei kurze stärkere Gefässe, die von den beiden Hauptstämmen ganz nahe der Sammelblase nach unten abgehen, sie versorgen den Saugnapf und seine Umgebung, und die Geschlechtsorgane. Seitenzweige dieser Gefässe sind es, die durch festes Umschnüren der Hoden die Einbuchtungen derselben veranlassen (Taf. VIII, Fig. 2).

Das Nervensystem

zeigt eine ausserordentlich kräftige Entwicklung, sodass in dieser Gattung das geeignete Material zum Studium des feineren Baues der

[1]) Looss, Beitr. z. Kenntn. d. Trematoden. Z. f. w. Z. Bd. 41. 1885.

Trematodennerven und ihres Verlaufs vorliegt. Es ist mir denn auch bei *G. elongatus* gelungen, nach Schnittserien das Nervensystem bis in seine feinsten Verästelungen zu reconstruiren, aber auch an den anderen, nicht so eingehend studierten Arten habe ich gesehen, dass in der Hauptsache die gleichen Eigentümlichkeiten vorliegen. Vor allem auffallend ist die Teilung des grossen Bauchnerven in zwei kräftige Aeste (Taf. VII, Fig. 2 und 3; Taf. VIII, Fig. 2, 3 und 10, *v* und *v'*). Diese beiden Aeste vereinigen sich nach kurzem Verlaufe in einem Ganglion, um entweder dauernd zu verschmelzen (*G. elongatus*, Taf. VII, Fig. 2) oder um sich gleich von Neuem zu trennen (*G. crumenifer* Taf. VIII, Fig. 2). Beim Beginn des letzten Körperdrittels bildet sich dann durch Zusammentreten der Bauch- und des Lateralnerven wieder ein Ganglion, aus dem nun in allen Fällen nur zwei Nerven entspringen, ein Bauch- und ein Seitennerv (Taf. VII, Fig. 2). Der Bauchnerv bildet in der Nähe des Saugnapfes ein drittes Ganglion, das mit einem etwas höherliegenden Ganglion des Dorsalnerven durch eine kräftige Kommissur in Verbindung steht, von der zwei Nerven abgehen, die in den Saugnapf eintreten (Taf. VII, Fig. 2). Im Saugnapf kann man deutlich verfolgen, wie sie sich allmählich verästeln und schliesslich ein feinstes Nervengeflecht bilden (Taf. VIII, Fig. 7); besondere Endorgane, wie Papillen, habe ich hier im Saugnapf nicht auffinden können.

Dieses Nervengeflecht ist auch an anderen Objekten beobachtet. So hat LANG im Bauchsaugnapf von *Tristomum molae* die Auflösung des Nerven zu einem zarten Flechtwerk beschrieben und abgebildet.[1])

Ferner finde ich bei MONIEZ eine Figur,[2]) die einen Schnitt durch ein Fragment des Mundsaugnapfes darstellt und die ein ebensolches — wenn auch etwas schematisirtes Geflecht zwischen den Radialmuskeln erkennen lässt. MONIEZ spricht dieses Netzwerk als Bindegewebe an.

Endlich ist ein Nervengeflecht ganz ähnlicher Art durch LOOSS in

---

[1]) Ueber das Nervensystem der Trematoden, Mitth. d. Zool. Stat. Bd. II, 1881, p. 43, Taf. II, Fig. 5.

[2]) Description du *Distoma ingens* etc., Bull. de la Soc. Zool. de France 1886, Vol. XI, p. 531, Pl. XV, Fig. 12.

der ventralen Verbreiterung von *Gastrodiscus polymastos* LCK.[1]) bekannt geworden (Faune parasitaire de l'Egypte, Mém. d'Inst. égypt., Tome III, 1896, p. 21). Ich habe schon vor Jahren das gleiche Objekt untersucht und kann LOOSS' Beobachtung in jeder Hinsicht bestätigen.

Was den feineren Bau dieses Nervengeflechtes angeht, so ist er von höchstem Interesse, da er über die Natur der grossen Zellen im Saugnapfe der Trematoden einiges Licht zu verbreiten im Stande ist.

Bekanntlich hat BLOCHMANN[2]) eine Reihe von interessanten Untersuchungen angestellt und anstellen lassen, durch die gezeigt werden soll, dass die vielumstrittenen „grossen Zellen" im Trematodenkörper, die meist für periphere Ganglienzellen angesehen wurden, Myoblasten sind, deren einzelne Fortsätze mit je einer contractilen Faser in Verbindung stehen. Ueber jeden Zweifel erhaben ist die Verbindung mancher grossen Zellen mit Muskelfasern. Ich habe schon im Sommer 1893 in diesen Abhandlungen[3]) in aller Kürze über einige Versuche mit vitaler Methylenblaufärbung berichtet, die ebenfalls diese Verbindung auf's deutlichste aufgedeckt hatten. Nur kam ich nicht auf den Gedanken, dass wir es in diesen Fällen mit Muskelbildnern oder Ernährern zu thun haben könnten, sondern meinte mit SCHUBERG,[4]) der ebenfalls die Verbindung der Zellen mit Muskelfasern beobachtet hat,

[1]) Bei dieser Gelegenheit möchte ich bemerken, dass LOOSS, der für diesen Parasiten den Nomenclaturgesetzen zufolge die Bezeichnung *Gastrodiscus aegyptiacus* (COBBOLD) wählen zu müssen glaubt, im Irrtum ist: nicht der für eine Art zuerst gebrauchte Name ist giltig, sondern derjenige, unter welchem die Art so beschrieben ist, dass sie von anderen wieder erkannt werden kann. Nun haben aber sowohl SONSINO, als auch COBBOLD den Bau des fraglichen Tieres überhaupt nicht richtig erkannt, da sie ja vorn und hinten verwechselten, es würde also ganz unmöglich gewesen sein, nach den Beschreibungen dieser beiden Forscher die Art wiederzuerkennen.

[2]) BLOCHMANN und BETTENDORF, Ueber Muskulatur und Sinneszellen der Trematoden. Biol. Centralbl. Bd. 15. 1895. p. 216. — BETTENDORF, Ueber Muskulatur und Sinneszellen der Trematoden. Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. Bd. X. 1895.

[3]) BRANDES, Ueber Aufnahme von Methylenblau im Thierkörper. Abh. d. Naturf. Ges. zu Halle, 19. Bd. p. 81. Durch ein Korrekturversehen ist beim Streichen eines Satzes in dieser Mitteilung insofern eine Unklarheit entstanden, als es dem Leser scheinen kann, dass ich zwischen elastischen Fasern und Muskeln keinen Unterschied mache.

[4]) SCHUBERG, Zur Histologie der Trematoden. Arb. aus dem Zool.-Zoot. Inst. Würzburg Bd. X. 1895.

dass unsere Praeparate die Innervierung der Muskelfasern durch periphere Ganglienzellen, deren einer Fortsatz mit einem Nerven in Verbindung stände, veranschaulichten.

Als die Blochmann'schen Mitteilungen erschienen, bekannte ich mich ohne Weiteres zu der darin vertretenen Anschauung, besonders aus dem Grunde, weil durch sie gleichzeitig auch die absonderliche kernlose Muskelfaser ihre Erklärung fand, die nun ohne Schwierigkeit dem Nematodenmuskel angereiht werden konnte. Erst bei der Untersuchung des obenerwähnten Nervengeflechts im Saugnapfe der *Gastrothylax*-Arten sind mir Bedenken in dieser Hinsicht aufgestossen. Bettendorf,[1]) der die Blochmann'schen Ideen weiter verfolgt und eingehender begründet hat, glaubt auch darin einen Beweis für die Richtigkeit der erwähnten Ansicht zu finden, dass in den muskelreichen Organen, also besonders in den Saugnäpfen, auch stets eine beträchtliche Anzahl der fraglichen grossen Zellen vorkommen.

Meine Untersuchungen an dem sehr günstigen Objekte ergaben nun aber, dass die grossen Zellen im Saugnapfe der *Gastrothylax*-Arten zum grossen Teile wenigstens den Nerven angehören, diesen nicht etwa nur aufliegen, sondern in sie eingelagert sind. In Fig. 4 auf Taf. VIII sind vier solcher Ganglienzellen innerhalb des Nervengeflechtes gezeichnet. Dass es sich dabei wirklich um ein Nervengeflecht handelt, ist ohne Frage, da man dieses auf den Serienschnitten deutlich bis zu dem eintretenden Hauptstamme und von dort aus bis zu dem Oesophageal-Ganglien verfolgen kann. Hier sind also die zahlreichen grossen Zellen sicher keine Myoblasten, sondern Ganglienzellen,[2]) und es ist wohl der Analogieschluss gestattet, dass sich dieses Verhalten auch bei den übrigen Trematoden vorfindet, deren Elemente nur zu klein sind, um die Thatsache an ihnen festzustellen. Dieses Argument muss daher in Zukunft etwas anders formuliert werden, vielleicht wird

---

[1]) l. c. Zool. Jahrb., Bd. X, p. 325.

[2]) Uebrigens bin ich nicht der Erste, der dieses Argument gebraucht: auch Lang hat die „grossen Zellen" im Nervengeflecht des Bauchsaugnapfes von *Tristomum molae* (siehe oben) gefunden und führt diese Thatsache als Beweis für ihre Ganglienzellen-Natur ins Feld. Der Text dieses Teiles seiner Abhandlung ist allerdings nicht ganz klar im Ausdruck, sodass Bettendorf (l. c. p. 339) in diesem Punkte Lang völlig missverstehen konnte.

man zwei verschiedene Arten von grossen Zellen annehmen müssen, denn es würde eine arge Lücke in BLOCHMANN's Beweisführung bedeuten, wenn in den muskelreichsten Organen Zellen, die man als Myoblasten ansprechen könnte, überhaupt fehlen würden.

Auch auf eine andere Schwäche in der Beweisführung möchte ich hier kurz hinweisen. BETTENDORF (l. c. p. 324) hält die gleiche Färbbarkeit der lebenden Muskelfasern und der mit ihnen verbundenen grossen Zellen dem Methylenblau gegenüber für hinreichend, um die Zusammengehörigkeit der beiden Elemente anzunehmen. An und für sich scheint mir zu einer derartigen Annahme kein Grund vorhanden zu sein. Ich habe schon bei Gelegenheit der oben erwähnten Mitteilung in einer Sitzung der Naturfoschenden Gesellschaft darauf hingewiesen, dass die elektive Färbung mittels Methylenblau m. E. lediglich auf den Sauerstoffreichtum der betreffenden Gewebselemente zurückgeführt werden muss, da durch Zusatz sauerstoffreicher Reagentien (z. B. Wasserstoffsuperoxyd) leicht nachgewiesen werden kann, dass in den sauerstoffärmeren Gewebselementen das aufgenommene Methylenblau zur Leukobase reduziert worden ist. Es ist also durchaus nicht notwendig, die Muskelfasern und die grossen Zellen wegen ihres Verhaltens gegenüber Methylenblau als etwas Zusammengehöriges aufzufassen, ebensowenig liegt aber hierin ein Anhaltspunkt für eine histologische Verschiedenheit der Gebilde vor.

Wenn LOOSS[1]) in seinen vorzüglichen, nach dem Leben ausgeführten Zeichnungen vom Nervensystem verschiedener Trematoden die fraglichen Zellen in Verbindung mit den feineren Nervenverästelungen und Anastomosen darstellt, so spricht das keineswegs gegen die BLOCHMANN'sche Auffassung, da ja doch jeder Myoblast eine Innervierung nötig hat. — Hoffentlich gelingt es, auch trotz der von mir gemachten Einwendungen die BLOCHMANN'sche Ansicht aufrecht zu erhalten, da sie — wie schon gesagt — gleichzeitig im Stande ist, die Entstehung der Muskelfasern zu erklären.[2])

---

[1]) Die Distomen unserer Fische und Frösche. Bibl. zool. Heft. 16. Stuttgart 1894. Taf. III, Fig. 55.

[2]) Andererseits möchte ich auf eine bisher übersehene Beobachtung POIRIER's hinweisen, die geeignet ist, die BLOCHMANN'schen Ansichten zu stützen. In „Contribution à l'histoire des Trématodes" (Arch. de Zool. exp. II. Sér. Tome III) bildet

Was die übrigen Nervenstämme angeht, so entspringen aus dem Schlundganglien ausser den bekannten drei vorderen Nervenpaaren der Trematoden (Taf. VII, Fig. 3 u. 6, *va, da, la*) ein in den Pharynx hineintretendes Paar (*ph*), ferner geht genau in der Medianlinie von der oberen Decke der Kommissur ein Nerv ab, der sich sofort nach unten wendet und an den Oesophagus tritt (Taf. VIII, Fig. 3 u. 6, *oen*). Schliesslich finden sich auf jeder Seite noch drei nach vorn verlaufende Nerven, die als Aeste der nach hinten ziehenden Hauptnervenstämme anzusehen sind, sie entspringen entweder aus einem besonderen Ganglion (Taf. VIII, Fig. 3, *d'*, *v''*) oder spalten sich einfach von dem Nerven ab (dieselbe Figur, *l'*).

Ich habe — wie man bemerkt haben wird — verschiedentlich von Ganglien gesprochen, nicht nur von den beiden Gehirnganglien, sondern auch noch von einer ganzen Reihe anderer. Schon im Jahre 1847 hat BLANCHARD[1]) zarte Anschwellungen der Längsnerven von *Distomum hepaticum* als Ganglien bezeichnet, LOOSS[2]) bemerkt hierzu folgendes: „Wenn auch vom anatomischen Standpunkte aus wegen der geringen Individualisierung dieser Anschwellungen der Ausdruck Ganglien für dieselben wenig passend erscheinen will, so muss andererseits doch anerkannt werden, dass es im physiologischen Sinne durchaus solche sind und dass demnach die alte Anschauung BLANCHARD's bis zu einem gewissen Grade vollkommen richtig ist". Bei unseren *Gastrothylax*-Arten können wir nun aber auch sicher vom anatomischen Standpunkte aus von Ganglien sprechen, ja ich meine sogar wir müssen dies thun, denn die im Verlauf der Längsnerven auftretenden Ganglien unterscheiden sich in nichts von den Gehirnganglien: der Bau ist genau der gleiche und auch in der Grösse stehen sie dem Centralteile kaum nach. Auch POIRIER spricht bei den Distomen der

---

POIRIER einen Querschnitt durch *Distomum clavatum* ab (Pl. XXIV, Fig. 5), auf dem eine sehr kräftige Lage von Längsmuskelbündeln ins Auge fällt. An der Innenseite mancher dieser Muskelbündel beobachtet man eine grosse Zelle, die von POIRIER als nervös angesehen wird, augenscheinlich im engen Zusammenhange mit den Muskelbündeln, sodass also bei diesem Objekt jedem einzelnen Muskelbündel die dazugehörige Mutterzelle angelagert sein würde.

[1]) BLANCHARD, Recherches sur l'organisation des vers. Ann. des Sciences nat. Zool. 3. Ser. Tome 8. 1847. p. 282.

[2]) Die Distomen der Frösche und Fische. p. 153.

Clavatum-Gruppe von Ganglien, die im Verlauf der grossen Ventralnerven in der Nähe des Bauchsaugnapfes eingeschaltet sind. Ebenso beschreibt LANG bei *Pleurocotyle* Anhäufungen von Ganglienzellen im Verlaufe desjenigen Ventralnerven, der in den schaufelförmigen, mit Saugnäpfen besetzten Anhang eintritt, auch an den Seitenzweigen dieses Nervenstranges findet er ähnliche Haufen von Ganglienzellen und unterscheidet deshalb ein gemeinsames motorisches Centrum für alle Saugnäpfe und Centra für die Bewegung der Muskulatur und der Haken jedes einzelnen Saugnapfes. Bei dem von ihm untersuchten *Distomum nigroflavum*, einer Form, die durch einen sehr kräftigen, gestielten Bauchsaugnapf ausgezeichnet ist, schwellen zwei an den Saugnapf herantretende Aeste des Ventralnerven „zu einem förmlichen Ganglion“ an, „das entschieden viel mehr und grössere Ganglienzellen enthält als das Gehirn“.

Auch die Commissur der Oesophageal-Ganglien ist als Träger eines Ganglion anzusehen: auf Querschnitten durch die Commissur (Taf. VIII, Fig. 6) sieht man nämlich, dass ihre dorsale, orale und aborale Wandung von Ganglienzellen bedeckt ist, die die Fasern der Pharyngealnerven und des Oesophagealnerven aus sich hervorgehen lassen.

Zum Schluss will ich noch bemerken, dass ich einen besonderen Genitalnerv, wie ihn OTTO als Ast des Ventralnerven beschreibt, nirgends habe auffinden können; ich kann nicht glauben, ihn übersehen zu haben, da ich auf das sorgsamste danach suchte und jeden auch noch so kleinen Seitenast des Bauchnerven verfolgen konnte. Aus den Angaben anderer Forscher über die Topographie des Nervensystems der Trematoden, besonders aus den zuverlässigen Abbildungen von LOOSS geht aber auch hervor, dass wir einen stärkeren, an den Genitalporus ziehenden Ast gar nicht zu erwarten haben: bei keiner der genauer studierten Formen ist ein Genitalnerv von nennenswerter Stärke abgebildet. Das für die Begattung nötige Tasten wird vielleicht durch die stark innervierten Saugnäpfe und Mundpartieen besorgt.

Was nun den feineren Bau des Nervensystems der Trematoden angeht, so hat mir das Studium der Gastrothylax-Arten auch in dieser

[1]) l. c. p. 45.

Hinsicht Aufschluss gegeben. Bekanntlich sind über dieses schwierige Kapitel die Akten noch keineswegs geschlossen.

Lang [1]) hat zuerst eine eingehende Schilderung der Histologie des Nervensystems der Trematoden gegeben, nach ihm besteht der Nerv aus

„1. einer Anzahl sich teilender und unter sich verbundener, morphologisch vielleicht dem Körperbindegewebe angehörender Röhren: dem Neurilemm und

2. aus der Nervenfaser, die in diesen Röhren eingeschlossen, die Fortsätze der ebenfalls in ihnen liegenden Ganglienzellen darstellt."

Hinzufügen muss ich, dass Lang diesen Bau aus der Untersuchung der Nerven von *Tristomum molae* erschlossen hatte.

Wenige Jahre später beschreibt Poirier [2]) den histologischen Bau einer Reihe von Distomen, wobei er ganz besonders auf das Nervensystem eingeht. Die untersuchten Formen gehören sämtlich der *Clavatum*-Gruppe an, deren Vertreter sich durch eine ausserordentliche Grösse auszeichnen. Diesem Umstande ist es denn auch zuzuschreiben, dass der von Lang für die monogenetischen Trematoden sicher gestellte Röhrencharakter der einzelnen Nervenfasern auch für die digenetischen Formen erkannt wurde.

Nach Poirier sind die einzelnen Nervenstämme und das Gehirn von einer geschichteten Bindegewebshülle umgeben, während die Nervenfortsätze in einer amorphen Masse verlaufen, die sich in deren direkter Umgebung zu Röhren verdichtet. Im Gehirn ist die Wandung der Röhren und überhaupt die amorphe Substanz nur schwach entwickelt, aber anstatt dieser soll eine granulöse Masse, die sogen. Punktsubstanz, die Ganglienzellen im Gehirn umgeben.

Auch Monticelli [3]) will eine derartige granuläre Masse beobachtet haben und vergleicht diese der Neuroglia der Wirbeltiere.

---

[1]) Untersuchungen zur vergl. Anatomie u. Histologie des Nervensystems der Plathelminthen. Mitteilungen a. d. Zool. Stat. zu Neapel Bd. I, II, III, 1880—82.

[2]) Contribution à l'histoire des Trématodes. Arch. de Zool. exp., II. Ser., To. III, 1885.

[3]) Studii sui Trematodi endoparassiti. Primo contributo di osservazioni sui Distomidi. Speng. zool. Jahrb. III Suppl. 1893, p. 70.

Mir ist eine solche Substanz zweifelhafter Natur nicht aufgestossen, ich habe allerdings stets ein körniges Protoplasma in den Ganglien vorgefunden, dieses aber nur als Teile der Ganglienzellen ansehen können. Die Zellgrenzen sind sehr zart und der Protoplasmaleib häufig sehr gross, sodass auf Schnitten kernlose Teile der Ganglienzellen nicht selten vorkommen. Betreffs des Neurilemms bin ich insofern zu einer anderen Ansicht wie LANG und POIRIER gekommen, als ich mich nicht habe überzeugen können, dass auch die Ganglienzellen von einer kräftigen Wandung umschlossen werden: ich meine, dass in ähnlicher Weise wie bei den Ganglienzellen der Wirbeltiere eine der Markscheide analoge kräftige Hülle nur die protoplasmatischen Fortsätze umgiebt, den mehr oder weniger angeschwollenen kernhaltigen Centralteil aber freilässt; es wäre natürlich auch möglich, dass die Scheide in der Nähe des kernhaltigen Teiles ebenfalls vorhanden, aber schwächer ausgebildet und daher schwieriger zu beobachten ist.[1])

POIRIER's Beobachtung einer bindegewebigen Nervenhülle kann ich bestätigen, wenn ich auch keinen lamellösen Bau an ihr habe nachweisen können. Während aber POIRIER dieses Hüllgewebe nur peripherisch angeordnet sein lässt, glaube ich mich mit Sicherheit davon überzeugt zu haben, dass es auch die Zwischenräume zwischen den einzelnen Nervenfasern ausfüllt. Zum Beweise dienen mir die stark färbbaren Kerne, die sowohl auf Längs- als auch auf Querschnitten ohne weiteres auffallen. In Fig. 11, Taf. VII habe ich einen Querschnitt des Ventralnerven (mit Prisma entworfen) dargestellt. Man sieht eine Ganglienzelle und eine grosse Anzahl von Nervenröhren, die in einem nicht näher analysierbaren Gewebe eingebettet sind Für die parenchymatische Natur dieser Grundmasse sprechen nun aber m. E. die stark färbbaren Kerne, die in ihr bei allen Amphistomiden stets deutlich hervortreten, jedenfalls kann man bei der Anwesenheit von Kernen nicht von einer amorphen Substanz sprechen. Auffallender Weise werden diese sehr ins Auge fallenden Kerne von keinem der früheren Forscher erwähnt: anfänglich meinte ich, sie seien als die

[1]) MONTICELLI's Abbildungen der Ganglienzellen (Zool. Jahrb. Suppl. III, Tav. 7, Fig. 101, 102) lassen ebenfalls keine Membran in der Gegend des Kernes erkennen.

Kerne der kleineren Ganglienzellen [1]) angesprochen, das kann aber nicht der Fall sein, da sich niemals ein Protoplasmahof in ihrer Umgebung nachweisen lässt. Völlig übersehen sind sie aber doch nicht. Looss [2]) bildet in dem Nervengeflecht der ventralen Körperverbreiterung von *Gastrodiscus* kleine Kerne ab, lässt sie aber im Text wie in der Figurenerklärung unerwähnt.

Nach meinen Untersuchungen kommt den Trematodennerven also eine bindegewebige Hülle zu, und es täuschen nicht etwa die angrenzenden Parenchymmaschen diese Hülle vor, sondern die im Bereich der Nervenfasern liegenden Parenchymzellen haben eine Hüllmembran und eine Grundsubstanz gebildet, innerhalb welcher die Fasern und Ganglienzellen liegen. Je mehr Nervenfasern zu einem Nerven zusammentreten, um so mehr Parenchym-Elemente werden in dem Nerven eingeschlossen werden, und auch die Nervenscheide wird dementsprechend stärker ausgebildet sein.

Schliesslich muss ich noch die Aufmerksamkeit auf Besonderheiten der Röhrenwandung lenken, die man auf guten Querschnitten zu Gesicht bekommt. In den grössten Röhren springen nämlich gar nicht selten kurze Rippen in das Lumen hinein, wie ich es Taf. VII, Fig. 11 dargestellt habe. Es sind keine Säulen, sondern Rippen, da man sie eine ganze Reihe von Schnitten hindurch verfolgen kann. In den mit solchen Rippen ausgestatteten Röhren kann man auch meist etwas von dem früheren Inhalt beobachten, indem die feinkörnige, der Wandung dicht anliegende, geschrumpfte Protoplasma-Masse an den Rippen ins Lumen vorragt und erst dadurch sichtbar

---

[1]) Looss kann sich die Verschiedenheit in der Grösse der Ganglienzellen durchaus nicht erklären (Distom. der Frösche p. 153). Mir dagegen scheint dieser Umstand gar keiner Erklärung zu bedürfen: es ist nicht zu erwarten, dass die Fortsätze aller Ganglienzellen gleich lang sind, die einen werden einen längeren Verlauf haben, als andere, und dementsprechend wird auch die Centralstelle grösser oder kleiner sein. — Bettendorf (l. c. p. 343) will die kleineren Ganglienzellen als Sinneszellen deuten, ich glaube, dass dazu nicht genügende Anhaltspunkte vorliegen. Wenn sich diese Vermutung aber bewahrheiten sollte, so würde dies vor allem deshalb höchst interessant sein, weil bei einigen Formen der vordere Teil der Hirnganglien nur aus kleineren Ganglienzellen bestehen soll, also als ein sensorielles Centrum, wie sonst das obere Schlundganglion funktionieren würde.

[2]) Faune parasitaire de l'Egypte, Taf. II, Fig. 13.

wird. Ob diese Eigentümlichkeit einen normalen Zustand repräsentiert oder ein Artefakt ist, muss ich dahingestellt sein lassen, mit den von POIRIER[1]) abgebildeten ringförmigen Verdickungen der Röhre ist sie jedenfalls nicht identisch.

Es erübrigt noch, derjenigen Teile des Nervensystems zu gedenken, die mit der Aussenwelt in Berührung treten.

Sinnesorgane

finden sich am vorderen Körperpole und im Innern des Pharynx in Form ziemlich ansehnlicher Papillen. Die Mundöffnung wird, wie in Fig. 4, Taf. VII zu ersehen ist, von einer beträchtlichen Anzahl solcher Papillen umgeben, die dorsalwärts bald aufhören, während sie sich auf der Bauchseite bis zu den Geschlechtsöffnungen hinab erstrecken (vergl. Taf. VIII, Fig. 13). Wenn man ein Stückchen der Cuticula vom vorderen Körperpole ablöst und dieses mit stärkeren Objektiven untersucht, so sieht man hellere kreisrunde Flecke, die im Centrum eine winzige Oeffnung besitzen. Auf Schnitten durch den vorderen Körperpol konnte ich diese Durchbohrungen der Cuticula ebenfalls nachweisen und feststellen, dass zarte Aeste des vorderen Lateralnerven in diese Kanäle der Cuticula eintreten[2]) (Taf. VII, Fig. 5). Wie ich in der Figur angedeutet habe, häufen sich die stark färbbaren Kerne der Nerven in der Nähe dieser Endigungen in ausserordentlicher Weise. Diese Sinnespapillen erinnern in ihrem ganzen Verhalten an die in den Lippen von *Asearis megalocephala* beschriebenen Endorgane,[3]) auch dort tritt eine Nervenfaser einfach durch die Cuticula hindurch und endet an der Oberfläche des Tieres.

Aber auch bei Trematoden sind ganz ähnliche Bildungen beschrieben: nach NICKERSON[4]) ist bei *Stichocotyle* der vordere Körper-

---

[1]) l. c. Pl. XXX, Fig. 1, h.

[2]) OTTO hat diese Papillen ebenfalls beobachtet, nach ihm aber soll der Nerv sich am Ende pinselartig auffasern, ein Verhalten, von dem ich mich nicht habe überzeugen können.

[3]) HESSE, Ueber d. Nerv.-Syst. von *Asc. meg.* Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 54, Taf. XXIII, Fig. 6 u. 7.

[4]) W. S. NICKERSON, On *Stichocotyle nephropis* CUNNINGHAM, a Parasite of the american Lobster. Zool. Jahrb., Abt. f. Anat., Bd. VIII.

pol, die Innenfläche des Pharynx und die ganze Bauchseite, besonders die Höhlung der Bauchsaugnäpfe mit Sinnes-Papillen versehen, deren Bau den beigegebenen Abbildungen nach in nichts von dem der bei *Gastrothylax* gefundenen abweicht. Auch die von Looss bei *Gastrodiscus polymastos* abgebildeten (Faune parasitaire de l'Egypte, Pl. I, Fig. 8) Papillen sind durchaus homologe Bildungen. Anders gebaute Endorgane sind durch Wright und Macallum[1]) bei *Sphyranura*, durch Voeltzkow[2]) und andere bei Aspidobothriden bekannt gewordene Tastorgane sind viel komplizierterer Art. Auch die von Blochmann und seinen Schülern beobachteten Tastzellen bei Cestoden und Trematoden sind abweichend gebaut: dort findet sich nicht ein Nerv, der die Cuticula völlig durchsetzt, sondern ein Ausläufer einer einzigen peripheren Sinneszelle endigt mit einem Knöpfchen in der innersten Schicht der Cuticula. Hier und da wurde von Bettendorf allerdings noch ein zartes Stiftchen beobachtet, das auf dem Endbläschen sitzt und aus der Cuticula hervorragt. Einfache Durchbohrungen der Cuticula durch einen nervösen Fortsatz fanden sich bei *Cercariaeum* und *Distomum hepaticum*: aber alle diese Tastorgane unterscheiden sich in hohem Grade von den bei *Gastrothylax* beobachteten dadurch, dass sie die Endigung eines Ausläufers einer einzigen Sinneszelle sind, während wir bei unseren Formen ziemlich ansehnliche Nervenäste die Cuticula durchsetzen sehen.

Die Muskulatur

der *Gastrothylax*-Arten ist ausserordentlich kräftig entwickelt. Es scheint mir ohne Interesse zu sein, eine Beschreibung der einzelnen Muskelgruppen zu geben. Wir finden einen Hautmuskelschlauch, der die gewöhnliche Zusammensetzung aufweist. Besonders kräftige Muskelbündel durchziehen die Tiere der Länge nach, sie verlaufen etwas unterhalb des Hautmuskelschlauches in einiger Entfernung von einander und treten fast sämtlich an den Saugnapf heran. Diese Muskelbündel zeichnen sich durch eine Art von Querstreifung aus: man unterscheidet stärker färbbare bauchige Partien, die in ziemlich regel-

---

[1]) Journal of Morphology, Vol. I.

[2]) Arbeiten aus dem zool. Inst. Würzburg, Bd. VIII, 1888.

mässiger Weise von matter gefärbten, schmäleren Partien unterbrochen werden (Taf. VII, Fig. 14). Man könnte vielleicht daran denken, dass Zerreissungen der contractilen Substanz innerhalb eines Sarkolemms die geschilderten Bilder veranlasst hätten. Dem muss ich entgegenhalten, dass ich dieselben Bilder auch am lebenden Tier beobachtet habe. Als ich vor Jahren die schon erwähnten vitalen Färbungsversuche mittels Methylenblau anstellte, bemerkte ich an *Distomum ovocaudatum* zu wiederholten Malen, dass einige Gruppen von Längsmuskeln, die mit der dazu gehörigen „grossen Zelle“ oft allein gefärbt waren, aus hellblauen Fasern bestanden, in denen ganz dunkelblaue Stellen wie kleine Knötchen in gleichmässigen Abständen von einander angeordnet waren. Die betreffenden Tiere waren in jeder Hinsicht lebenskräftig, da sie jedesmal erst kurz vor der Untersuchung dem ihnen eigenen Wohnorte, der Mundhöhle des Frosches, wo sie auch gefärbt waren, entnommen wurden. An ein Analogon der von Cerfontaine[1]) beobachteten Querstreifung von Trematoden-Muskeln ist nicht zu denken: der Güte des genannten Forschers verdanke ich ein Präparat durch den Saugnapf von *Merizocotyle*, dessen Muskeln die Querstreifung zeigen, und ich habe mich an diesem überzeugt, dass wir es hier mit einer wirklichen, d. h. mit der bei Arthropoden etc. bekannten Querstreifung zu thun haben.

Bei weiterem Nachsehen in der Litteratur finde ich in der schon einmal citierten Abhandlung von Nickerson zwei Zeichnungen von Muskelfasern,[2]) die in ähnlicher Weise kurze, dunkler gefärbte Knoten erkennen lassen. Nickerson glaubt diese Erscheinung auf schlechte Konservierung zurückführen zu müssen. Auch eine Figur von Poirier[3]) möchte ich hier erwähnen, weil sie wenigstens die von mir dargestellten Ausbauchungen der Muskelfasern erkennen lässt; ob dieselben eine stärkere Färbbarkeit besessen haben, wird nicht erwähnt.

Die Bedeutung dieser Struktur scheint mir nicht schwer zu finden. Je länger eine Muskelfaser ist und je grössere Kraftleistungen von ihr gefordert werden, in um so höherem Masse muss die contractile Substanz differenziert sein. Wir wissen aber, dass die Contraction

---

[1]) Bull. de l'acad. royale de Belgique, 3me Sér., T. 27, 1894, p. 949.

[2]) Zool. Jahrb. Bd. 8, Taf. 40, Fig. 16.

einer quergestreiften Muskelfaser ihren sichtbaren Ausdruck findet in der wechselnden Dicke der die Querstreifung verursachenden Schichten; ich meine, es müsste erlaubt sein, auch für die von uns beschriebene Faser ähnliche Abhängigkeitsverhältnisse der beiden Teile der contractilen Substanz anzunehmen.

Wenden wir uns dazu, die einzelnen Arten etwas genauer zu charakterisieren.

Gastrothylax crumenifer (Taf. VIII, Fig. 1—8).

Diese am längsten bekannte grösste Form lebt in den Pansen des indischen Zebu. GURLT entdeckte sie schon im Jahre 1846 bei der Sektion eines in Berlin gestorbenen Zebus und schickte eine Anzahl von Exemplaren an CREPLIN nach Greifswald, der sie untersuchte und als *Amphistomum crumeniferum* n. sp. beschrieb.[1]) Von einem anderen Funde in demselben Wirtstiere berichtet RAILLET.[2]) Seiner Angabe nach haben BOURGÈS und SANDRIN den Parasiten in Tonkin in grosser Menge zu Gesicht bekommen.

Vor einigen Jahren wurden sie auch in Leipzig beobachtet. Dr. LUNGWITZ vom Schlachtviehhofe zu Leipzig hatte Gelegenheit, zwei im dortigen Zoologischen Garten 1½ Jahre lang gehaltene, aus Calcutta stammende Zebus zu untersuchen. Dabei fand er im Pansen zwischen den Schleimhautpapillen in grosser Menge unseren Parasiten.

Dieses Material hat Dr. OTTO bei der von mir eingangs meiner Abhandlung angeführten Bearbeitung zu Grunde gelegt. Durch die Liebenswürdigkeit meines verehrten Lehrers LEUCKART war auch ich in der Lage, dieses frische und gut konservierte Material nachträglich zu benutzen, während ich mich vorher mit alten Exemplaren zum Teil unbekannter Herkunft aus der Berliner und Wiener Museumssammlung zu begnügen gehabt hatte.

Die mir vorliegenden Exemplare haben eine Länge von 15—20 mm bei einer Breite von 4—5 mm. Ueber die Körperform geben die Figuren 1 und 1a auf Taf. VIII am besten Aufschluss. Der sehr tiefe Saugnapf ist leicht gegen die Bauchseite geneigt. In der Höhe des

[1]) Arch. f. Naturg., 1847, p. 30—33, Taf. II, Fig. 1—5.

[2]) Traité de Zoologie médic. et agric., II. Éd., Paris, p. 378.

Saugnapfes ist der Körperquerschnitt walzenrund, im übrigen aber abgerundet dreieckig. Ein Blick auf den Querschnitt durch den mittleren Körperteil (1a) zeigt, dass die Medianlinie des eigentlichen Körpers in einer der Prismenkanten verläuft, dass dieser eigentliche Körper also aus zwei spitzwinkelig zu einander stehenden Hälften besteht.

Am vorderen Körperpol befindet sich die Mundöffnung, die in den ziemlich kräftig entwickelten Pharynx führt. Dieser ist dicht mit Papillen besetzt, die sich auch in der Mundhöhle und am vorderen Körperpole vorfinden, wo sie aber weniger dicht gedrängt stehen.

Der Oesophagus ist 3—4mal so lang als der Pharynx, die Darmschenkel, die ein geräumiges Lumen besitzen, verlaufen in beträchtlicher Entfernung von der Medianlinie und reichen bis zu den Hoden hinab.

Die Hoden liegen kurz vor dem Saugnapfe rechts und links von der Medianlinie, sie sind im vollentwickelten Zustande durch die Exkretionsgefässe stark eingeschnürt (Taf. VIII, Fig. 2). Die vasa deferentia entspringen dorsal und ziehen direkt nach vorn, nach kurzem Verlaufe biegen sie medianwärts und treten in der rechten Körperhälfte zu der sehr umfangreichen Vesicula seminalis zusammen. Erst der Endteil, der wegen des Vorkommens zahlreicher einzelliger Drüsen (Prostata) als ductus ejaculatorius zu betrachten ist, verläuft in der Medianlinie.

Das Ovarium liegt ungefähr in der Medianlinie zwischen den beiden Hoden und etwas ventralwärts von ihnen (Taf. VIII, Fig. 2 und 7). Unten links entspringt der Ovidukt, der nach kurzem Verlaufe in die bauchwärts liegende Schalendrüse eintritt. Hier münden, wie stets bei den Trematoden, die Dottergänge ein, auch geht von hier der LAURER'sche Kanal ab, der eine beträchtliche Längsausdehnung besitzt, wie aus der Figur 7 ersichtlich wird. Die Dotterstöcke erstrecken sich in der ventralen und in den lateralen Wänden der Bauchtasche ziemlich weit nach vorn.

Der Uterus knäult sich hinter dem linken Hoden auf, zieht dann in schwächeren Windungen auf die rechte Seite und von dort nach vorn, aber nicht gleich in gerader, sondern anfänglich in schräger Richtung, bis er in die Höhe des linken Darmschenkels angekommen

ist, dann begleitet er diesen auf der medianen Seite entsprechend dem Verlaufe der Vesicula seminalis auf der anderen Seite, nur dass diese letztere viel stärkere Windungen macht als der Uterus. In der Höhe des Ductus ejaculatorius verläuft der Uterus median wie dieser und zwar ventralwärts von ihm. In sehr geringer Entfernung vom Pharynx münden beide Leitungswege auf einer von einem kleinen Atrium umgebenen Geschlechtspapille nach aussen (Taf. VIII, Fig. 5).

Das Nervensystem habe ich nur in der vorderen Hälfte eingehender verfolgt. Die beiden Oesophagealganglien liegen in ziemlicher Entfernung vom Pharynx und enthalten eine grosse Menge von bi- und tripolaren Ganglienzellen, die teilweise eine recht ansehnliche Grösse erreichen (Taf. VIII, Fig. 2 und 3). Der in Figur 6 abgebildete Querschnitt durch den medialen Teil der Oesophagealcommissur zeigt ausser dem verbindenden Faserteil einen Ganglienzell-Belag, aus dem der unpaare Oesophagealnerv (*oen*) und der paarige Pharyngealnerv (*phn*) ihren Ursprung nehmen. Der erstere verliert sich in den sogenannten Oesophagealdrüsen (Epithel), die letzteren treten zwischen die Muskulatur des Pharynx, wo sie sich in ein Flechtwerk auflösen.

Ueber den Ursprung der aus dem eigentlichen Ganglion hervortretenden Nerven orientiert die Figur 3 zur Genüge. Nach hinten sehen wir nur zwei Nervenstämme abgehen, der dorsale (*d*) und ein sehr kräftiger Stamm, der die Wurzeln der ventralen und des lateralen Nerven in sich enthält. Dieser tritt sofort wieder in ein zweites Ganglion, das dem inneren Bauchnerven (*v*) und zwei seitlichen Aesten Entstehung giebt. Diese beiden Aeste verschmelzen aber nach kurzem Verlaufe wiederum in einem dritten Ganglion, aus dem nun erst der äussere Bauchnerv (*v'*) und der Lateralnerv (*l*) hervorgehen. Aus diesem Ganglion entspringt auch noch ein nach vorn ziehender Nerv, den ich als einen Seitenast von *v'* auffasse und deshalb mit *v''* bezeichnet habe. An der Stelle, wo der Seitennerv (*l*) nach unten umbiegt, findet sich ein ganz ähnlicher Ast, der sich vielleicht mit dem vorderen Lateralnerven oder einem Aste derselben vereinigt, wie es uns für einige Distomen durch Looss geschildert wird (vergl. Distomen unserer Fische etc. Taf. III, Fig. 54). Das gleiche gilt möglicherweise auch für *v''*, dessen Endäste ich ebenfalls nicht aufmerksam genug verfolgt habe.

Die beiden Ventralnerven verlaufen eine Strecke weit parallel, sodann tritt aber der äussere wieder an den kräftigen inneren heran und verschmilzt mit diesem zu einem Ganglion, aus dem beide Nerven wieder getrennt hervorgehen. In der Höhe des Anfangsteiles der Samenblase schwillt *v* nochmals zu einem sehr kräftigen Ganglion an, in das nicht nur *v'* sondern auch der Lateralnerv und eine Commissur des Dorsalnerven eintritt. Von diesem Ganglion aus geht nur ein Bauchnerv und der Lateralnerv nach hinten, deren Verlauf ich aber im einzelnen nicht verfolgt habe.

Der hintere Dorsalnerv schwillt bald nach seinem Austritt aus dem Oesophagealganglion zu einem kleinen Ganglion (*dg*) an, von dem aus ein Ast nach vorn zieht (*d'*). Durch eine verhältnismässig kräftige Commissur tritt dieses Ganglion mit dem Ganglion des Lateral- und äusseren Ventralnerven in Verbindung. Weiter muss ich noch erwähnen, dass sowohl zwischen den Dorsalnerven, als auch zwischen diesen und den Bauchnerven mehrere Commissuren zu beobachten waren, viel häufiger wären sie allerdings zwischen den Bauch- und Lateralnerven und zwischen den Lateralnerven der beiden Seiten.

Zum Schluss noch ein Wort über den Aufbau der inneren Wand der Bauchtasche! Unterhalb der zarten Cuticula bemerkt man die peripheren Teile der Pallisadenzellen (Taf. VIII, Fig. 8 und 8a, *pz*) mit grösseren oder kleineren Vacuolen, in denen hier und da ein gelbbraun gefärbtes Körperchen zentral gelegen ist. In der Gegend der Basalteile, die durch die Epithelzellen, die Cuticula-Bildner getrennt sind, liegen die Ringmuskelfasergruppen, mit denen eine Schicht von sehr zarten Längsmuskelfasern in innigem Zusammenhange steht, eine Schicht stärkerer Längsmuskelbündel findet sich in grösserem Abstande von dieser.

Gastrothylax compressus n. sp. (Taf. VIII, Fig. 9).

Von dieser neuen Art habe ich nur ein einziges Individuum untersucht. Ich fand dieses unter dem Material, das mir von der Direktion des K. K. Wiener Hofmuseums zur Verarbeitung überlassen war, wahrscheinlich enthält das Sammelglas, dem die für mich ausgesuchten Exemplare entstammen, weiteres Material derselben Species. Das Glas trägt die Bezeichnung: „*Amphistomum* sp.? aus *Bos indicus*, 1847, D. 7“.

Der auffallendste Charakter dieser Art scheint mir der überaus spongiöse Bau der parenchymatischen Grundsubstanz zu sein. Im allgemeinen lehnt sie sich der soeben beschriebenen Species in vielen Punkten an, im einzelnen finden sich aber doch viele Abweichungen.

Das Tier ist ca. 8 mm lang und 5 mm breit, viel gedrungener als *G. crumenifer,* der Saugnapf ist nicht so gross als bei jener Art und tief in das Innere des Körpers zurückgezogen. Der Querschnitt (Fig. 11) zeigt ein ähnliches Bild wie bei *G. crumenifer,* nur sind die Wände, die die Bauchtasche umgeben, viel dicker, wodurch der Hohlraum eine dreizipflige Form bekommt und der eigentliche Körper gleichsam durch eine tiefe Spalte in zwei Hälften geteilt ist.

Dementsprechend ist der Verlauf von Uterus und Vesicula seminalis ganz ähnlich, nur kreuzt sich der Uterus mit dem Vas deferens der gegenüberliegenden Seite genau in der Mittellinie. Der Oesophagus ist sehr kurz und der Genitalporus liegt daher zwischen den Darmschenkeln und das Schlundganglion in nächster Nähe des Pharynx. Die Darmschenkel haben ein weites Lumen, sind aber ziemlich kurz.

Die Lage und der Bau der Geschlechtsorgane ist im Grunde genommen ebenso wie bei *crumenifer,* die geringere Schlängelung des Uterus kann in dem individuellen Entwickelungszustande der Genitalien ihren Grund haben.

Am Nervensystem sind einige Abweichungen zu konstatieren. Die hinteren Nerven entspringen alle direkt aus den Oesophageal-Ganglien. Nur von dem Lateralnerven zweigt ein Ast nach vorn ab. Nicht nur die beiden Bauchnerven verschmelzen zu dem oberen Körperganglion, sondern auch der Seitennerv beteiligt sich daran, aber aus diesem Ganglion tritt nur ein Bauchnerv und der Seitennerv heraus. Das Commissurensystem und den Verlauf unterhalb des mittleren Körperganglion habe ich nicht verfolgt.

Gastrothylax spatiosus n. sp. (Taf. VII, Fig. 15 und 16).

Diese neue Art wurde mir in der gleichen Weise wie *G. compressus* zugänglich. Das betreffende Glas der Wiener Sammlung trägt die Aufschrift: „*Amphistomum* sp. aus *Bos taurus*? Dschidda.[1])"

[1]) Dschidda ist ein arabischer Ort an der Küste des roten Meeres.

Als auffallendsten Speciescharakter meine ich die Geräumigkeit der Bauchtasche ansehen zu müssen und habe dementsprechend den Artnamen „*spatiosus*" gewählt. Ein Querschnitt etwa durch die Mitte des Tieres zeigt nämlich eine grosse kreisrunde Höhlung, deren umgebende Wandung überall ungefähr von der gleichen Dicke ist, nur in der Medianlinie der ventralen Taschenwand verläuft eine Rinne, die eine Verdünnung verursacht. Wir haben also bei dieser Art keine Einschnürung in der Medianlinie der Dorsalwand, wie bei den bisher betrachteten Species, wo die Organe in die mehr oder weniger vorgewulsteten Seitenpartieen des Körpers gedrängt wurden, sondern die Bauchtaschenwand erfährt eine Verdünnung in einer Region, die organlos genannt werden kann. Demzufolge haben wir besonders im Verlauf der Genitalkanäle Abweichungen gegen die beiden vorigen Arten zu konstatieren.

Die mir vorliegenden Tiere sind bis zu 10 mm lang und bis zu 3 mm breit. Der Saugnapf befindet sich am hinteren Körperteil, ist ziemlich tief und ähnlich wie bei *crumenifer* mit dem ganzen hinteren Körperende leicht ventralwärts geneigt. Der Pharynx liegt völlig oval, ist weniger muskulös als bei den übrigen Arten, besitzt aber demzufolge ein weit grösseres Lumen. Der Oesophagus ist ganz kurz, auch die Darmschenkel, die an den Seiten der Dorsalwand verlaufen sind weder weit noch lang: sie erstrecken sich durch die ersten zwei Drittel des Tieres.

Die Hoden waren an dem von mir untersuchten Individuum kugelig oder eiförmig, jedenfalls ohne die tiefen Einbuchtungen, die wir vorher kennen gelernt haben. Die Vasa deferentia laufen auf der Innenseite der Darmschenkel nach vorn, biegen schliesslich nach innen und vereinigen sich im vorderen Körperviertel zu der median gelegenen kurzen, aber kräftigen Vesicula seminalis, deren Ausführungsgang dicht unterhalb des Treffpunktes der Darmschenkel in der Genitalpapille endet.

Das Ovarium und die Schalendrüse liegen ganz wie bei *crumenifer* und *compressus*, nur der Uterus verläuft in seinem äusseren Teile in der Mittellinie des Körpers.

Das Nervensystem war bei dieser schlecht konservierten Art nicht gut zu verfolgen.

Gastrothylax gregarius Looss (Taf. VIII, Fig. 12—16).

Diese Art ist schon früher gelegentlich gefunden worden, aber damals entweder mit *Amphistomum conicum* verwechselt oder einfach als *Amphistomum* sp.? in die Sammelgläser der Museen eingesargt. Erst Looss hat die Spezies in der „Faune parasitaire de l'Egypte" kurz charakterisiert und abgebildet. Er fand fast bei allen ägyptischen Büffeln im Pansen tausende dieser Würmer. Einmal zählte er auf einer Stelle von der Grösse eines Handtellers 1758 Exemplare. Sehr häufig lebte dieser Wurm vergesellschaftet mit *Amphist. conicum* im Pansen des Büffels (*Bos bubalus*), niemals aber im Magen des dortigen Hausrindes (*Bos taurus*).

Die Grösse der mir vorliegenden Individuen variiert zwischen 3 und 8 mm, wobei aber zu bemerken ist, dass die allerkleinsten noch nicht geschlechtsreif sind, während die von mittlerer Grösse wenigstens im männlichen Teile völlig entwickelt genannt werden müssen, ein Umstand, der schon in der oft sehr starken Auftreibung der Hodenregion seinen Ausdruck findet. Die längsten Individuen sind dagegen häufig sehr schlank und lassen diese Anschwellung gänzlich vermissen. Bei histologischer Untersuchung ergiebt sich, dass wir es in solchen Exemplaren mit Tieren zu thun haben, bei denen entweder die Thätigkeit der Geschlechtsdrüsen überhaupt, oder doch wenigstens die der Hoden, vorüber ist. Für Otto's Ansicht, dass in diesen Fällen die Geschlechtsdrüsen noch wenig entwickelt seien, dürfte kaum eine genügende Begründung erbracht werden. Die Tiere sind drehrund oder mehr oder weniger vierkantig; der Saugnapf befindet sich am aboralen Pole und zeigt auch hier wieder die Neigung nach der Bauchseite. Auf Querschnitten sieht man, dass die Form der Bauchtasche bei dieser Art eine andere ist, als bei den bisher besprochenen. Am nächsten kommt sie der bei *G. compressus* beschriebenen, nur endigt die mediane Einbuchtung, die den eigentlichen Körper in zwei Hälften zerschnürt, nicht einfach, sondern sie spaltet sich in zwei nach rechts und links ziehende Rinnen, wodurch der eigentliche Körper in drei Teile, einen medianen und zwei laterale, zerschnürt wird.

Der Oesophagus ist etwa doppelt so lang als der Pharynx, die Darmschenkel reichen bis zum Beginn des hinteren Körperdrittels.

Die Hoden sind voluminös und liegen dicht vor dem Saugnapfe zu beiden Seiten des unteren Teiles der Bauchtasche (Fig. 13 und 15); sie sind nicht kuglig, sondern mehr oder weniger gelappt. Die Vasa deferentia entspringen an der Ventralseite der Hoden und verlaufen an deren Aussenseite bis zum dorsalen Hodenrand; von dort erst ziehen sie in den Seitenwülsten des eigentlichen Körpers nach vorn und biegen im Anfange des zweiten Körperdrittels im rechten Winkel nach der Mitte des dorsalen Körperwulstes, wo sie sich zu der stark geknäulten kurzen Samenblase vereinigen, deren ductus ejaculatorius den Oesophagus an Länge übertrifft.

Das Ovarium liegt in der Höhe des unteren Hodenrandes ganz dorsal, die Schalendrüse liegt ventral von ihm, und der von unten in die Schalendrüse eintretende Oviduct verlässt sie vorn als Uterus, der sich in dem unteren Teile des dorsalen Wulstes aufknäult und dann in ihm mit schwacher Schlängelung nach vorn läuft, wo er mit dem ductus ejaculatorius auf der Genitalpapille ausmündet. Diese letztere ist mit einem niedrigen Wall umgeben, über den sie in dem von mir zur Reproduktion gewählten Präparat (Fig. 13) herausragt. Dieses alles liegt aber in einem tiefen Genitalatrium, dessen genaue Schilderung und Abbildung nicht ganz leicht ist, da es einen asymmetrischen Bau besitzt. In Fig. 13 habe ich das Tier in der Medianebene durchgeschnitten dargestellt. Man sieht das Atrium als eine blindgeschlossene Höhle, die dicht mit den im allgemeinen Teile beschriebenen Papillen besetzt ist. Die Oeffnung des Atriums ist auf der fortgeschnittenen Hälfte zu suchen; sie hat eine sehr unregelmässige Begrenzung, und zeigt ausserdem bei den einzelnen Individuen nicht unbeträchtliche Verschiedenheiten.

Gastrothylax elongatus Poirier (Taf. VII, Fig. 1—14).

Diese Art, die Poirier im Pansen eines in der Pariser Museums-Menagerie gestorbenen Gayals (*Bos frontalis*) entdeckt hat, fand ich in einer stattlichen Anzahl recht gut konservierter Tiere in einem Sammelglase des Berliner Museums, das die Aufschrift trug „*Amphistomum* sp.? aus *Anoa depressicornis*, Zool. Garten, Berlin“.

Die Tiere sind bis 15 mm lang, in allen Teilen drehrund, vorn leicht zugespitzt, hinten abgestutzt und häufig etwas ventral geneigt.

Der Saugnapf ist im Verhältnis zu dem von *crumenifer* klein. Interessant ist die Form der Bauchtasche. Auf Querschnitten durch die Mitte des Körpers zeigt sie ein gleichseitiges Dreieck, dessen eine Spitze in der Mitte der ventralen Taschenwand liegt, während die beiden anderen Spitzen den eigentlichen Körper gegen die Seitenteile abgrenzen (Fig. 8). In der dorsalen Partie liegen die Darmschenkel, die Genitalkanäle und die Dorsalnerven, in den Seitenteilen die beiden Bauchnerven und der Lateralnerv. Die Bauchtasche hat insofern eine Aehnlichkeit mit der von *G. spatiosus*, als auch bei dieser in der Medianlinie der Bauchwand eine Verdünnung vorhanden ist, wodurch die deutliche Unterscheidung einer rechten und linken Bauchtaschenwand ermöglicht wird; die Bauchtaschenwand ist aber bei *G. spatiosus* nicht in der Weise von dem eigentlichen Körper abgesetzt, wie wir es soeben für *G. elongatus* geschildert haben.

Betreffs der histologischen Struktur der Bauchtaschenwandung ist zu bemerken, dass die äusseren Ringmuskeln einen abweichenden Verlauf haben, indem sie direkt unter der Cuticula liegen, ganz benachbart davon finden sich die zarteren Längsmuskeln, während die stärkeren Längsbündel etwas tiefer angeordnet sind (Fig. 12 und 13).

Der Verdauungstraktus beginnt mit einem ansehnlichen birnenförmigen Pharynx, der sich in einem fast doppelt so langen Oesophagus fortsetzt; die beiden Darmschenkel haben einen geringen Durchmesser und erstrecken sich auch nur bis wenig über die Mitte des Tieres hinaus.

Der hauptsächlichste Speciescharakter ist die Lage der Hoden: wir finden sie nämlich nicht neben- sondern hintereinander (Fig. 2 u. 7), im übrigen aber stark gelappt und wie sonst dicht vor dem Saugnapfe. Die Vasa deferentia verlaufen im dorsalen Teile, auf der Innenseite der Darmschenkel, bilden im vorderen Körperdrittel die median gelegene Vesicula seminalis, die mit einem Ductus ejaculatorius von der Länge des Oesophagus nach aussen mündet.

Das kleine Ovarium liegt unterhalb des ersten und hinter dem zweiten Hoden, die Schalendrüse seitlich von ihm. Der Uterus zieht nach einigen Windungen hinter dem Ovar und vorderen Hoden in der Mittellinie nach vorn, wo er in der Mitte zwischen Ende des Pharynx und Beginn der Darmschenkel auf der Genitalpapille ausmündet. Diese liegt in einem kleinen Genitalatrium, wie in Fig. 6 zu erkennen ist.

Bei dieser Art habe ich das Nervensystem am eingehendsten studiert. Aus den beiden Ganglien gehen nach vorn die mehrfach geschilderten vier Nervenpaare ab. Die nach unten ziehenden Nerven muss ich etwas ausführlicher abhandeln, weil ich sie lediglich bei dieser Form bis zum Saugnapfe eingehend verfolgt habe.

Auf der dorsalen Seite der Ganglien entspringt ein Nerv, der nach kurzem Verlauf zu einem kleinen Ganglion (Fig. 3 *dg*) anschwillt, von dem aus mehrere Aeste abgehen, *d'*, der vordere Zweig des Dorsalnerven und dieser selber *d*. Letzterer verläuft dicht unter dem äusseren Hautmuskelschlauch der Rückenseite in ziemlich gerader Linie bis zum Saugnapfe, in dessen Nähe er zu einem Ganglion anschwillt. Eine Reihe von Commissuren verbinden die Dorsalnerven mit einander. Seitlich setzt sich das Oesophagealganglion in einen kräftigen ganz kurzen Nerven fort, der in einem ansehnlichen Ganglion endet. Aus diesem entspringen die beiden Bauchnerven und der Seitennerv. Die ersteren verschmelzen schon nach kurzem Verlaufe zu einem Ganglion, aus dem nach hinten nur e i n Bauchnerv hervorgeht. Dieser schwillt kurz vor dem ersten Hoden zu einem kräftigen Ganglion an, in das auch der Lateralnerv eintritt. Unterhalb des Ganglions streben diese beiden Längsnerven aber wieder auseinander, der Bauchnerv endigt nahe am Saugnapf in einem ansehnlichen Ganglion, das mit dem der anderen Seite durch eine den Saugnapf umziehende Ringcommissur verbunden ist. In diese Commissur treten zwei kurze Fortsätze des Endganglions des Dorsalnerven ein. Aus der Commissur in der Nähe der Ganglien entspringen je zwei Nerven, die sich in der Muskulatur des Saugnapfes dichotomisch verästeln und so den im allgemeinen Teil geschilderten Plexus bilden. Von dem Endganglion des Dorsalis sehe ich ausserdem noch zwei seitliche und zwei dorsale Nerven abgehen, die sich in der Umgebung des Saugnapfes auflösen. Die dorsalwärts vom Saugnapf verlaufenden sind durch eine Quercommissur mit einander verbunden. Das Endganglion des Bauchnerven läuft nach hinten in einen zarten Nerven aus, mit dem sich der Seitennerv vereinigt. *Dorsales* und *Laterales, Dorsales* und *Ventrales, Laterales* und *Ventrales* und *Ventrales* untereinander sind durch zahlreiche Quercommissuren verbunden, ich habe aber nur wenige stärkere verfolgt, da das Aufsuchen der zarten Stränge starke Ansprüche an die Zeit des Untersuchers stellt.

Nachträglicher Zusatz.

Nach Abschluss des Druckes geht mir noch eine Mitteilung (Compt. rend. de l'Acad. de Paris, 20. April 1896) zu, in der CALMETTE und LHUILLIER über Difractionsversuche mit RÖNTGEN-Strahlen berichten. Nach diesen Untersuchungen besitzen die RÖNTGEN-Strahlen eine mittlere Wellenlänge, die jedenfalls grösser ist als die der Lichtstrahlen. Insofern würde diese Mitteilung der französischen Forscher also eine Bestätigung des Vorstehenden enthalten.

SCHMIDT.

Tafel I.

Kümmell und Schmidt, Fresnelsche Beugungserscheinungen.

Fig. 1—4. Die Beugungsbilder der RÖNTGEN-Strahlen.
Originalgrösse. Aufnahmen von KÜMMELL.

Fig. 1. Aufnahme mit schräg (24° Neigung) gestellter photographischer Platte.

2 seitliche Maxima, Minimum in der Mitte. Cf. S. 4.

Fig. 2. Photographische Platte, parallel dem beugenden Spalte, 42 mm von demselben entfernt.

2 seitliche Maxima, Minimum in der Mitte. Cf. S. 5.

Fig. 3. Photographische Platte im Abstande von 112 mm.

Maximum in der Mitte, 2 Minima seitlich, diese letzteren sind auf der Reproduktion nur bei günstiger Beleuchtung zu erkennen, das mittlere Maximum zeigt noch nicht seine volle Schärfe.

Fig. 4. Photographische Platte im Abstande von 202 mm.

Wie in Fig. 3, das Maximum ist völlig scharf begrenzt.

Fig. 5 u. 6. Die Beugungsbilder des Magnesiumlichtes.
Vergrösserungen der Originale. Aufnahmen von SCHMIDT.

Fig. 5. Die photographische Platte stand in einem Abstande von ca. 25 mm von der beugenden Oeffnung.

2 seitliche Maxima schliessen ein mittleres Minimum ein.

Fig. 6. Die 10 cm lange photographische Platte stand in stark geneigter Lage hinter dem beugenden Schirm.

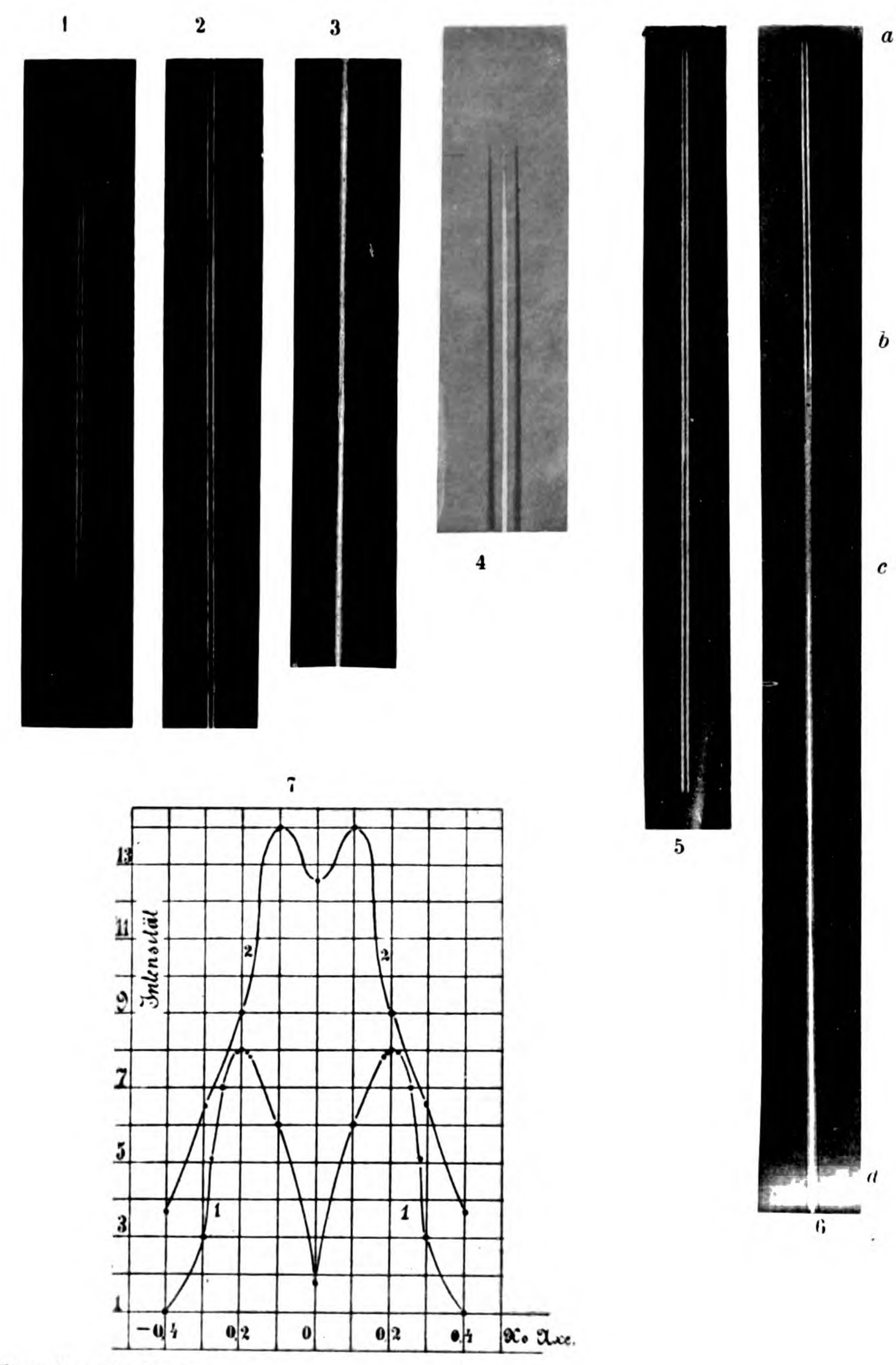
Der obere Teil der Figur *a* bis *b* stellt die dem Spalt zunächst liegende Partie dar. 2 seitliche Maxima schliessen ein mittleres Minimum ein. *b* bis *c* giebt den Teil des Interferenzbildes wieder, wo das Feld gleichmässig beleuchtet ist, *c* bis *d* den am weitesten vom Spalt abliegenden Teil, wo das Maximum, immer schärfere Begrenzung zeigend, in der Mitte lagert, man sieht die seitlichen Minima zart angedeutet, die bei *d* starke Divergenz zeigen, wie es die Theorie verlangt.

Anmerkung.

Die Platten, nach denen die Reproduktion der Fig. 1—6 auf der Tafel erfolgte, sind von Herrn PLETTNER unter meiner Aufsicht nachretouchiert, da eine Wiedergabe sonst nicht möglich war. An der Lage der Linien ist nichts geändert, nur ihr Intensitätscharakter hat an Treue eingebüsst. SCHMIDT.

Fig. 7 giebt die Intensitätsverteilung im Beugungsbilde der RÖNTGEN-Strahlen wieder.

Kurve 1 bezieht sich auf die in Fig. 2, Kurve 2 auf die in Fig. 4 dargestellten Verhältnisse, dort zwei seitliche Maxima, hier ein mittleres Maximum.



Kümmell u. Schmidt phot.

Lichtdruck von Gebr. Plettner, Halle a. S

Tafel II.

Dorn, Mitteilungen über Röntgen-Strahlen.

Bild von der Hand eines jungen Mädchens.

Die Hand lag auf einer mit WEISBROD-Platte geladenen Holzkassette in 20 cm Entfernung von der RÖNTGEN-Strahlenquelle. Expositionsdauer: 1 Stunde.



Lichtdruck von Gebr. Plettner, Halle a. S.

Tafel III.

D. v. Schlechtendal, Beiträge zur näheren Kenntnis der Braunkohlenflora Deutschlands.

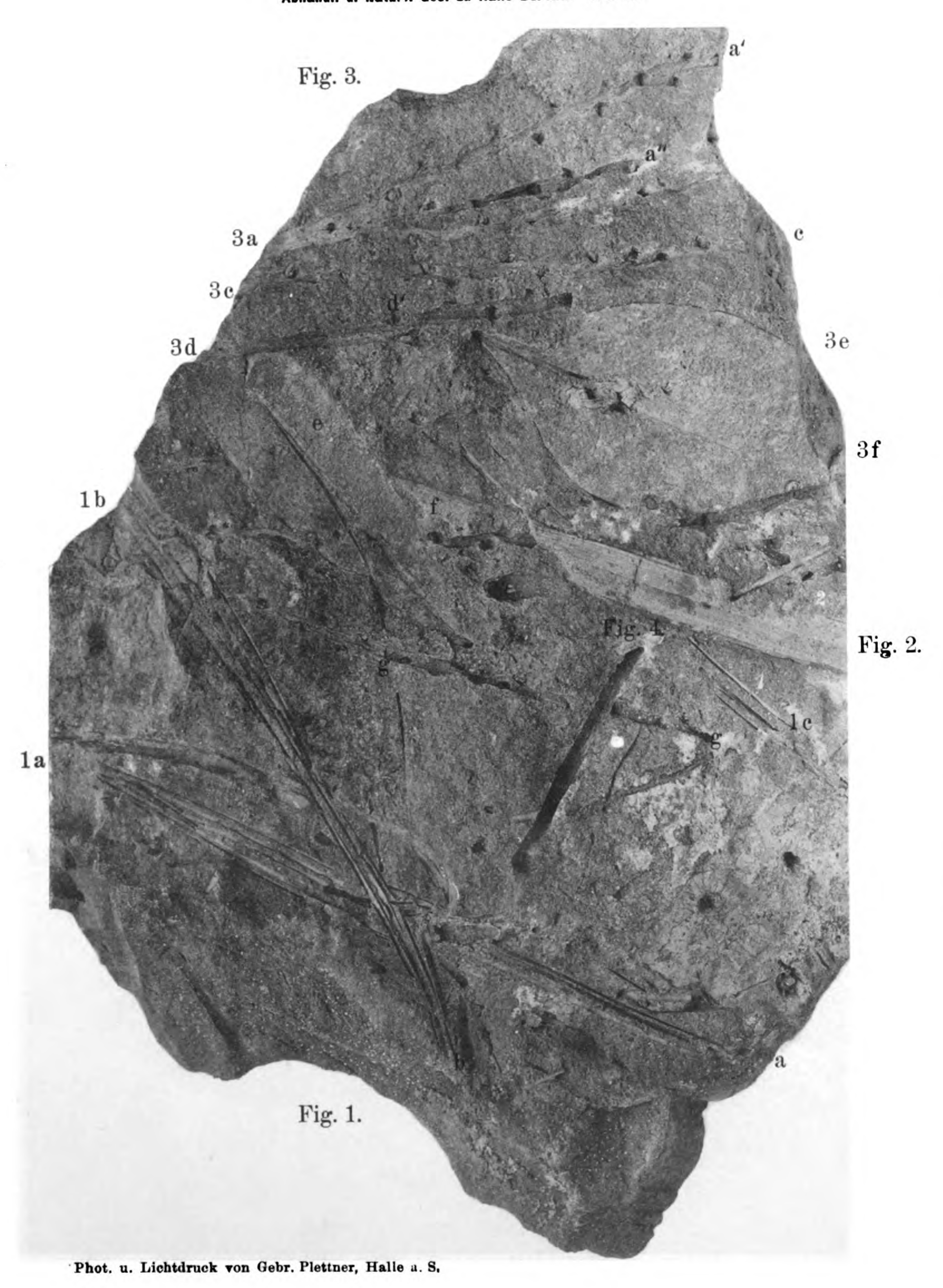
A. Unteroligocaen, Knollenstein.

Fig. 1 aa, bb, 1 c. Nadeln einer Pinus-Art.

Fig. 2. Fiederblattstück von *Phoenix borealis* FRIEDR.

Fig. 3 a—g. Fruchtzweige von *Phoenix borealis* FRIEDR., mit Fruchtansätzen.
a′ a″ zwei derselben sind im unteren Teile a mit einander verwachsen.
d′ schwache Andeutung eines Fruchtkelches?

Fig. 4. Ein unbestimmbares Zweigstück.



Phot. u. Lichtdruck von Gebr. Plettner, Halle a. S.

Tafel IV.

D. v. Schlechtendal, Beiträge zur näheren Kenntnis der Braunkohlenflora Deutschlands.

B. Untermiocaen.

Fig. 1—3. *Pterocarya cyclocarpa* n. sp. von Bitterfeld.
Fig. 1 a—c. Flügelfrüchte.
Fig. 1 cc. Eine halbe Nuss. Obere Ansicht.
Fig. 2, 3. Blättchen.
Fig. 4. Frucht von *Pterocarya caucasica* KUNTH, recent.



Phot. u. Lichtdruck von Gebr. Plettner, Halle a. S.

Tafel V.

D. v. Schlechtendal, Beiträge zur näheren Kenntnis der Braunkohlenflora Deutschlands.

B. Untermiocaen.

Fig. 1—3. *Pterocarya castaneaefolia* GOEPPERT sp. von Schossnitz.

Fig. 1. Endfieder mit einem Teil der Blattspindel, bei XX Ansatzstellen der Seitenfiedern.

Fig. 2. Seitenfieder.

Fig. 3 a, b. Zwei Flügelfrüchte.

Fig. 4. Flügelfrucht von *Pterocarya caucasica* KUNTH, recent.

Fig. 5—6 a, b. Fruchtkelche von *Porana membranosa* GOEPPERT sp. von Schossnitz.

Fig. 5 a. Obere Platte mit Fruchtansatz, b. untere Platte mit Stielansatz, zwei Lappen nach unten umgeschlagen. Ausgebreiteter Fruchtkelch.

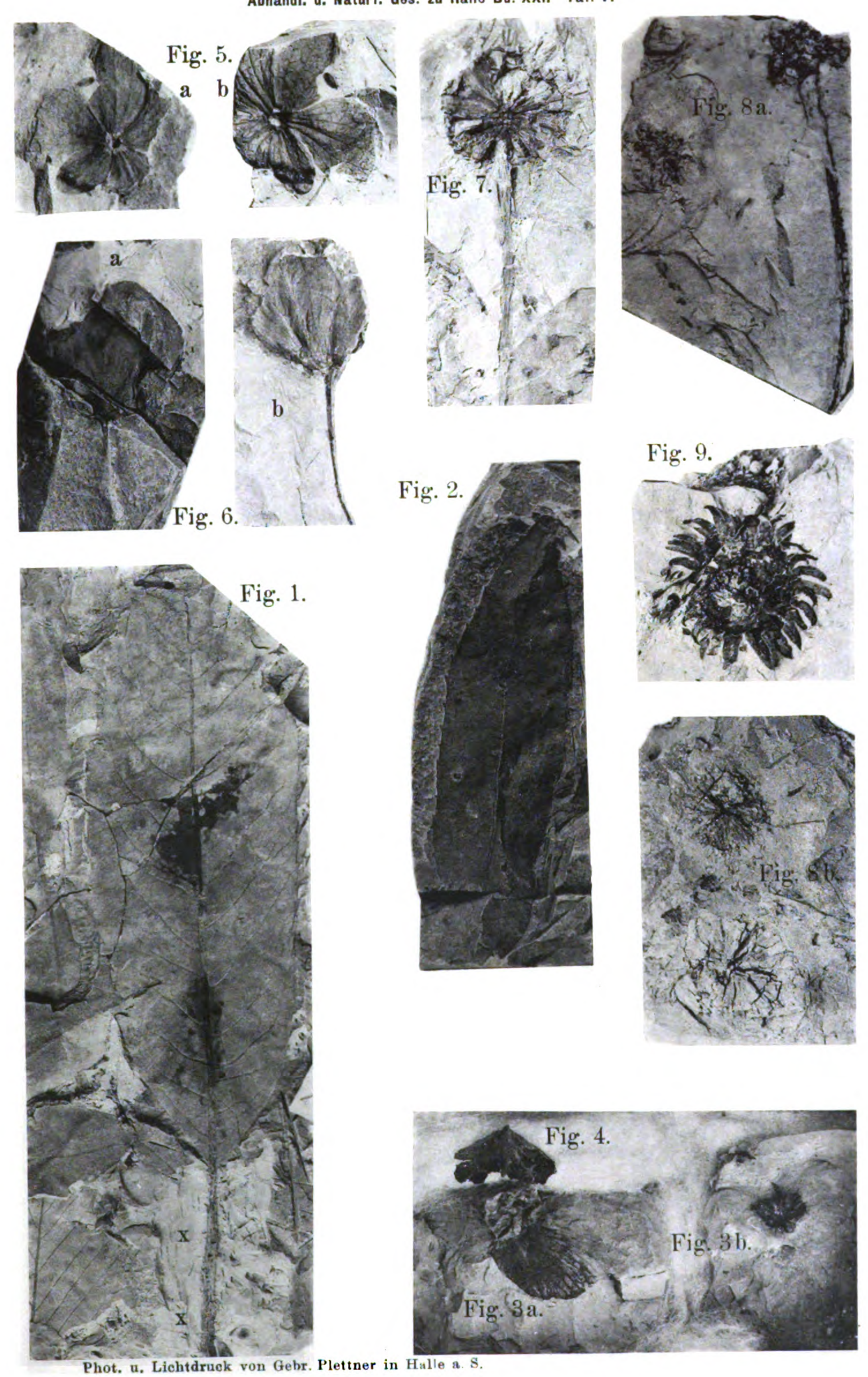
Fig. 6 a und 6 b. Fruchtkelch aufgerichtet; a. von innen und aussen sichtbar; b. die Gegenplatte. Original zu GOEPPERT's Abbildung von *Carpinus involvens*.

Fig. 7—8. *Liquidambar europaeum*-Früchte.

Fig. 7. Von Schossnitz, mutmassliches Original zu GOEPPERT's Beschreibung der *Steinhauera subglobosa* PRESSL.

Fig. 8 a, b. Von Bitterfeld; a. Fruchtstand an Fruchtstielen; b. einzelne Früchte.

Fig. 9. Frucht von ? *Liquidambar* von Zschipkau.



Phot. u. Lichtdruck von Gebr. Plettner in Halle a. S.

Tafel VI.

D. v. Schlechtendal, Beiträge zur näheren Kenntnis der Braunkohlenflora Deutschlands.

Ergänzungstafel (Abbildungen meistens vergrössert) zu Tafel IV und V.

A. Knollenstein, unteroligocaen. Schkopau.

Fig. 1 a, b. Männliches Blütenkätzchen einer Pinus-Art; a. im Längsschnitt, am Grunde von Knospenschuppen umgeben; b. ein Stamen, stärker vergrössert, von oben und von der Seite gesehen.

B. Untermiocaen.

Fig. 2—6. *Pterocarya,* fossil und Fig. A, B, 4 b recent.

Fig. 2—4 a. *Pt. cyclocarpa* n. sp. von Bitterfeld; Fig. A. *Pt. fraxinifolia.*

Fig. 2. a. beide Fruchtflügel vollständig; b. eine Flügelfrucht mit halberhaltener Nuss, x die Lage des Fruchtstiels; c. die halbe Nuss in fünffacher Linearvergrösserung von oben und d von der Seite gesehen.

Fig. 3. Ein Blattstück vergrössert.

Fig. 4 a. Eine Oeldrüse des Fruchtflügels von den (zerrissenen) Nerven umgeben und durchsetzt, mit deutlich sichtbarem centralen Intercellularraum als Ansammlungsort des Oels.

Fig. 4 b. Eine Oeldrüse von gleicher Beschaffenheit vom Fruchtflügel von *Pt. caucasica.* Fig. B.

Fig. 5—6. *Pterocarya castaneaefolia* GOEPPERT sp. von Schossnitz.

Fig. 5 a und b. Flügelfrüchte; a. mit deutlichem (hier nach unten gewendetem) Abdruck der zugespitzten Nuss und bei x mit kleinem Anhang des Flügels in der Nähe der Basis (nat. Gr.); b. ein Flügelteil zweifach vergrössert von der grösseren Frucht (von Taf. V, Fig. 3 a).

Fig. 6 a. Vergrösserter Blattteil von *Pterocarya castaneaefolia* (zu Taf. V, Fig. 1) und b. Randzahnung der anderen Seite desselben Blattes.

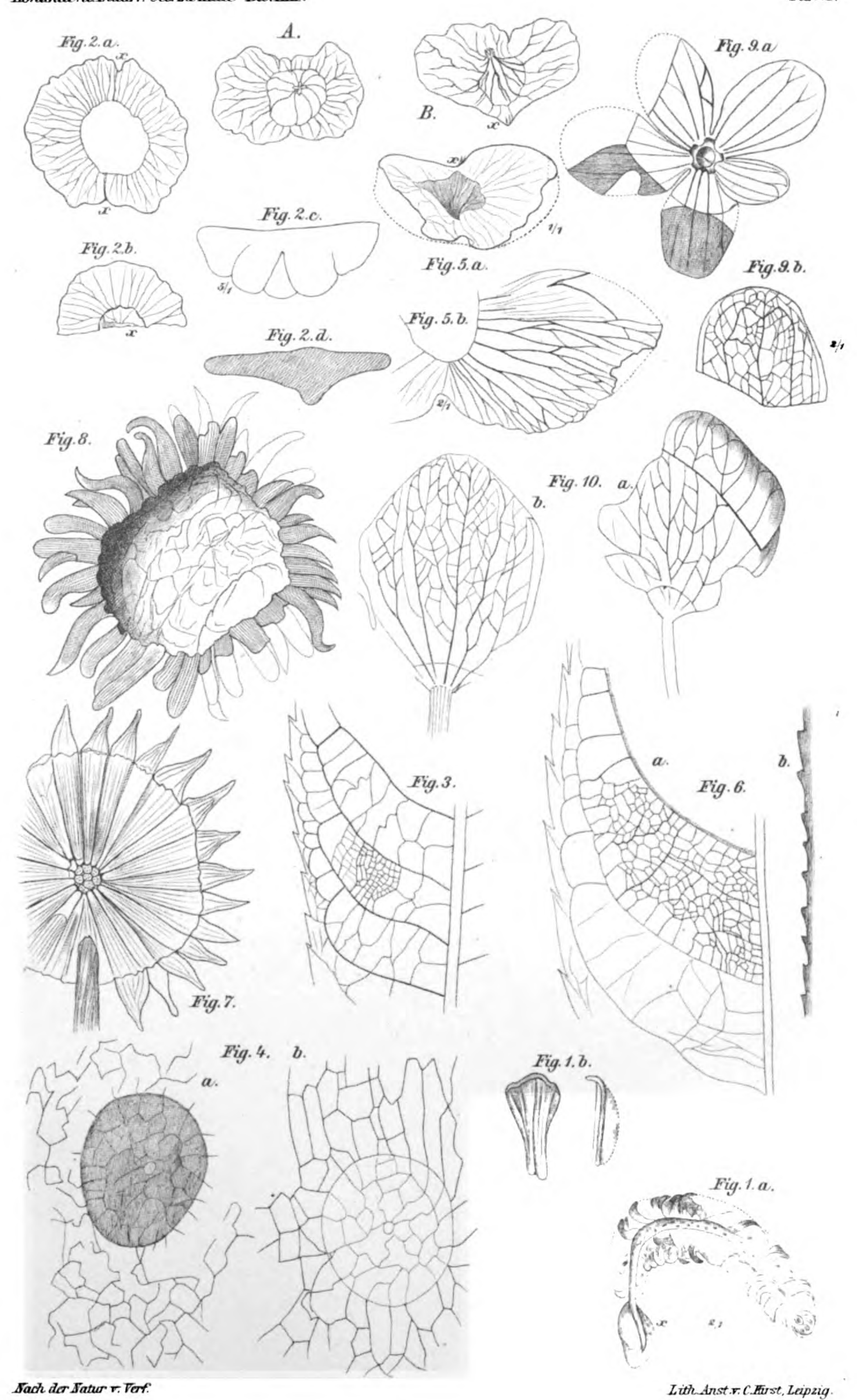
Fig. 7. Ergänzte Skizze zum Verständnis der Fig. 7 auf Taf. V. *Liquidambar* von Schossnitz.

Fig. 8. Darstellung der Gegenplatte zu Fig. 9 auf Taf. V in doppelter Linearvergrösserung. *Liquidambar*? von Zschipkau.

Fig. 9. 10. *Porana membranosa* GOEPP. sp. von Schossnitz.

Fig. 9 a. Obere Platte mit dem Fruchtansatz in fünfeckiger Sternform und schwachem Abdruck der Frucht in der Mitte. Die im Original umgeklappten Lappen sind den Nerven entsprechend hinzugefügt; b. der grösste dieser Lappen stärker vergrössert.

Fig. 10 a, b. Skizzen zur Erläuterung des Nervenverlaufs des in Fig. 6 a, b auf Tafel V gegebenen Fruchtkelches.



Nach der Natur v. Verf. Lith. Anst. v. C. Kirst, Leipzig.

Tafel VII.

K. E. F. Schmidt, Ablenkung der Kathodenstrahlen.

Photographische Aufnahmen des durch Kathodenstrahlen erzeugten Fluorescenzfleckes in einem Hittorfschen Rohre, wenn die Strahlen durch seitlich auf das Rohr geleitete elektrische Schwingungen beeinflusst werden.

Fig. 1 und 2. **Ablenkung der Kathodenstrahlen durch eine einfache elektrische Schwingung.**

a) **Schwingung wirkt abstossend in horizontaler Richtung.**

b) **Schwingung wirkt abstossend in vertikaler Richtung.**

c) **Gleichzeitige Einwirkung beider Schwingungen.**

Fig. 3—5. **Einfluss der durch Selbst-Induktion verzögerten Schwingung.**

3 a) **Geschwächte Ablenkung der Kathodenstrahlen vermittels der verzögerten Schwingung.**

3 b) und 3 d) **Die Wirkung der gleichen Schwingung, wenn sie nicht verzögert ist, b) vertikal, d) horizontal wirkend.**

3 c) und 4 c) **Gleichzeitige Einwirkung der nicht verzögerten (vertikal wirkenden) und der verzögerten (horizontal wirkenden) Schwingung.**

Fig. $5c_1$ bis $5c_3$ **stellen die gleiche Erscheinung bei verlängerter Exposition dar.**

Fig. 6. **Einfluss der durch Kapacität beschleunigten Schwingung.**

a) **Die Wirkung der beschleunigten Schwingung.**

b) **Die Wirkung der gewöhnlichen Schwingung.**

c) **Die Zusammenwirkung beider Schwingungen.**

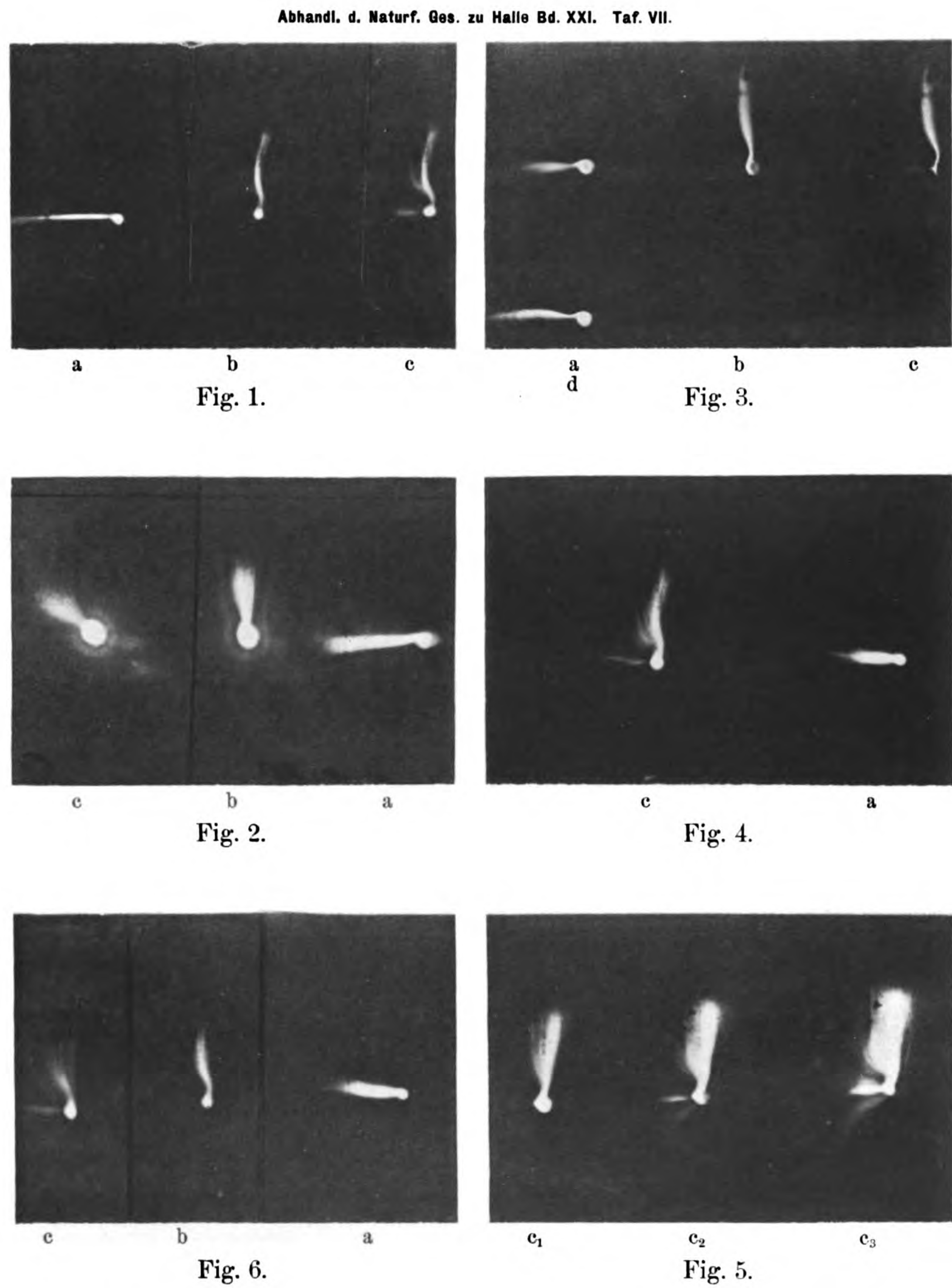


Fig. 1.

Fig. 3.

Fig. 2.

Fig. 4.

Fig. 6.

Fig. 5.

K. E. F. Schmidt phot.

Lichtdruck von Gebr. Plettner, Halle a. S.

Tafel VII. (sollte VIII heissen).

Brandes, Die Gattung Gastrothylax.

Fig. 1—14 *Gastrothylax elongatus* Poirier.

Fig. 1. Tier in natürlicher Grösse.

Fig. 2. Kombiniertes, halb schematisches Bild von der Bauchseite, um die Anordnung der Organe zu veranschaulichen. (Bei der Kreuzung von Uterus und Vas deferens hätte letzteres zart gehalten werden müssen, da es hinter dem Uterus verläuft. Der Umriss des Tieres ist nicht genau).

Fig. 3. Das Oesophagealganglion mit den von ihm ausgehenden Nerven von der Bauchseite.

Fig. 4. Vorderer Körperpol von oben gesehen, um die zahlreichen Tastpapillen zu zeigen.

Fig. 5. Eine dieser Papillen im Längsschnitt. (Zeiss, F. 2, Prisma).

Fig. 6. Medianschnitt durch die vordere Körperpartie. (Zeiss, A. 2, Prisma).

Fig. 7. Medianschnitt durch die hintere Körperpartie.

Fig. 8. Querschnitt durch das vordere Körperdrittel.

Fig. 9. Querschnitt durch das hintere Körperdrittel.

Fig. 10. Teil eines Querschnittes etwa durch die Körpermitte. Bauchtaschenwand mit dem Bauch- und Seitennerven. (Zeiss, A. 2, Prisma).

Fig. 11. Querschnitt des Bauchnerven bei stärkerer Vergrösserung. (Zeiss, F. 2, Prisma).

Fig. 12. Längsschnitt durch die innere Wand der Bauchtasche. (Zeiss, C. 2, Prisma).

Fig. 13. Tangentialschnitt der inneren Wand der Bauchtasche. (Zeiss, C. 2, Prisma).

Fig. 14. Stück eines Längsmuskels. (Zeiss, C. 2, Prisma).

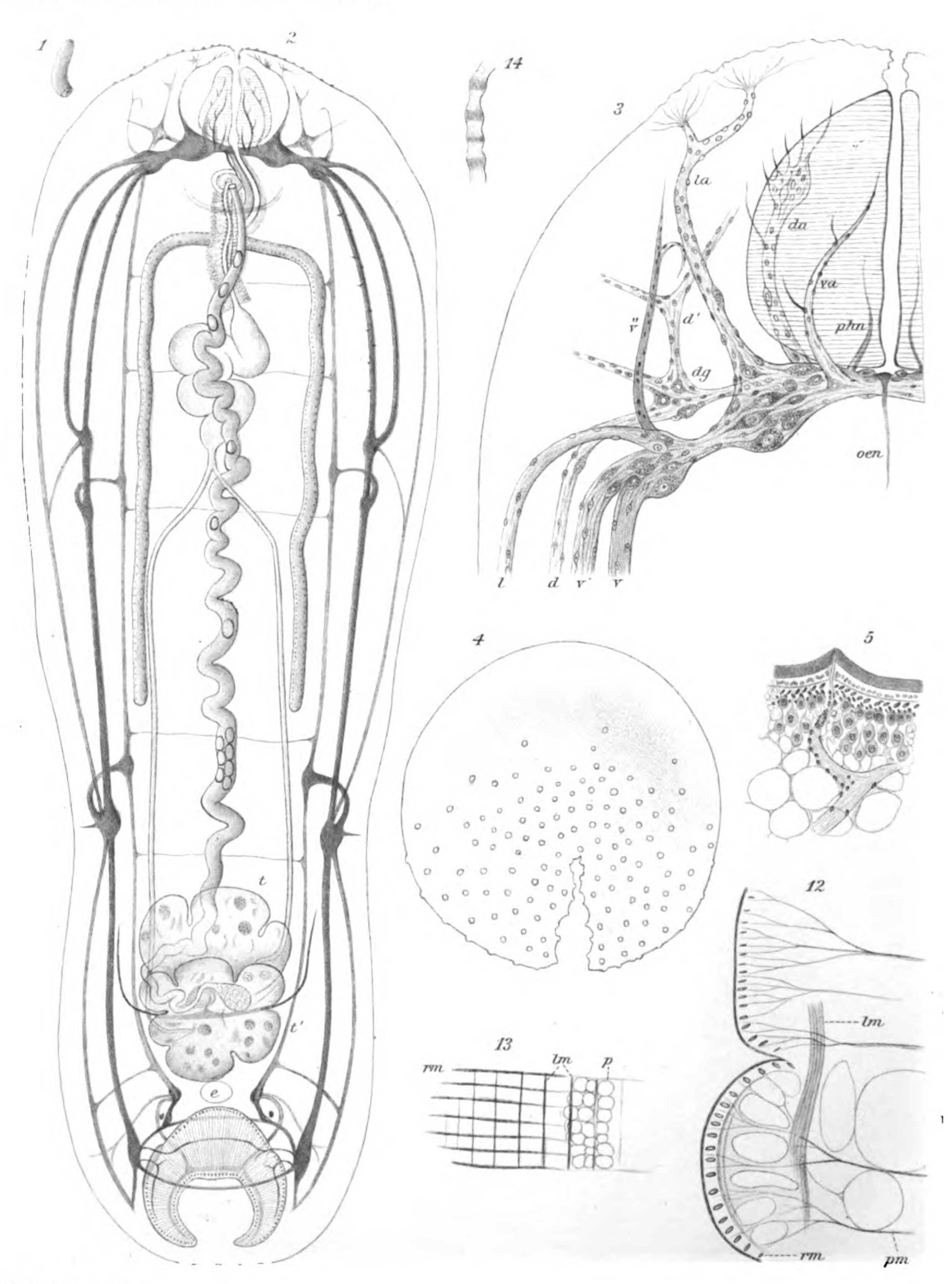
Fig. 15 und 16 *Gastrothylax spatiosus* n. sp.

Fig. 15. Natürliche Grösse.

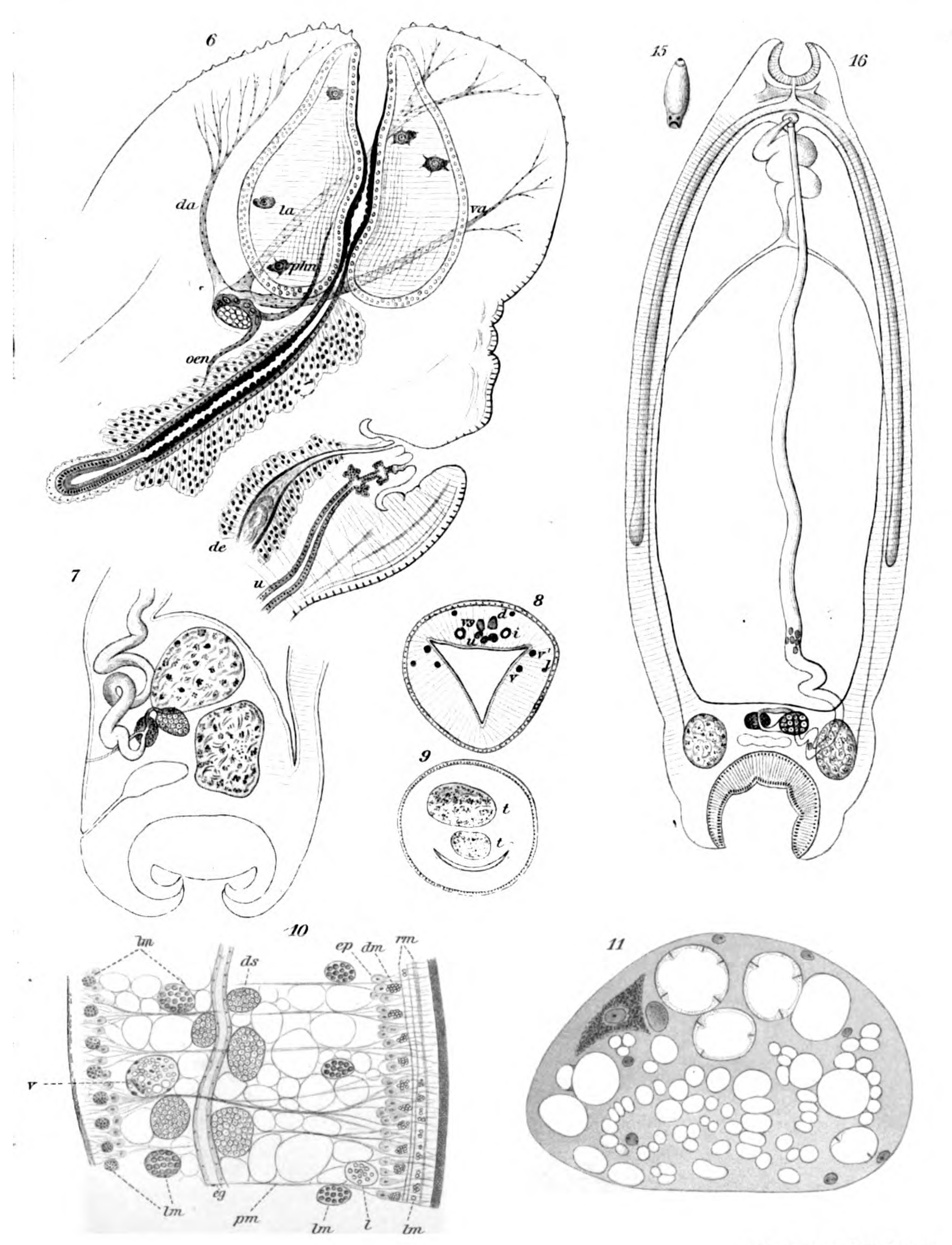
Fig. 16. Halb schematisches Bild von der Bauchseite. Die Organe in einen Frontalschnitt projiziert.

Zeichenerklärung.

d = Hinterer Dorsalnerv.
d' = Dessen Vorderast.
da = Vorderer Dorsalnerv.
de = ductus ejaculatorius.
dg = Dorsalganglion.
ds = Dotterstocksfollikel.
e = Excretionsblase.
eg = Excretionsgefäss.
ep = Epithelzellen (Cuticulabildner).
i = Darmschenkel.
l = Hinterer Lateralnerv.
la = Vorderer Lateralnerv.
lm = Längsmuskeln.
oen = Oesophagealnerv.
p = Parenchym.
phn = Pharyngealnerv.
pm = Parenchymmuskeln.
rm = Ringmuskeln.
t, t' = Hoden.
u = Uterus.
v = Hinterer Ventralnerv.
v' = Dessen Parallelast.
v'' = Dessen Vorderast.
va = Vorderer Ventralnerv.
vs = Vesicula seminalis.



G. Brandes del.



Lith. Anst. v. G. Kirst, Leipzig.

Tafel VIII. (sollte IX. heissen).

Brandes, Die Gattung Gastrothylax.

Fig. 1—8 *Gastrothylax crumenifer* Crepl.

Fig. 1. Medianschnitt in natürlicher Grösse.

Fig. 1a. Querschnitt in 3—4 maliger Vergrösserung.

Fig. 2. Halbschematisches Bild von der Anordnung der Organe von der Bauchseite. Die Nerven der hinteren Körperhälfte sind nicht eingezeichnet.

Fig. 3. Oesophagealganglion mit den von ihm ausgehenden Nerven.

Fig. 4. Tangentialschnitt durch den Saugnapf, den Nervenplexus zeigend.

Fig. 5. Medianschnitt durch den vorderen Körperpol.

Fig. 6. Medianschnitt durch die Kommissur der beiden Hauptganglien.

Fig. 7. Medianschnitt durch die hintere Körperpartie mit dem Nervengeflecht im Saugnapf.

Fig. 8. Längsschnitt durch die innere Wand der Bauchtasche (altes, schlecht konserviertes Material).

Fig. 8a. Ein ebensolcher Schnitt von frischem, gut konserviertem Material.

Fig. 9—11. *Gastrothylax compressus* n. sp.

Fig. 9. Natürliche Grösse.

Fig. 10. Halbschematisches Bild von der Anordnung der Organe von der Bauchseite. Die Nerven der hinteren Körperpartie und der Rückennerv sind nicht eingezeichnet.

Fig. 11. Querschnitt durch die Körpermitte.

Fig. 12—16. *Gastrothylax gragarius* Looss,

Fig. 12. Natürliche Grösse.

Fig. 13. Die rechte Hälfte eines Tieres. Das eine Vas deferens, der eine Dotterkanal und der eine Darmschenkel sind abgeschnitten dargestellt.

Fig. 14. Querschnitt durch die Körpermitte.

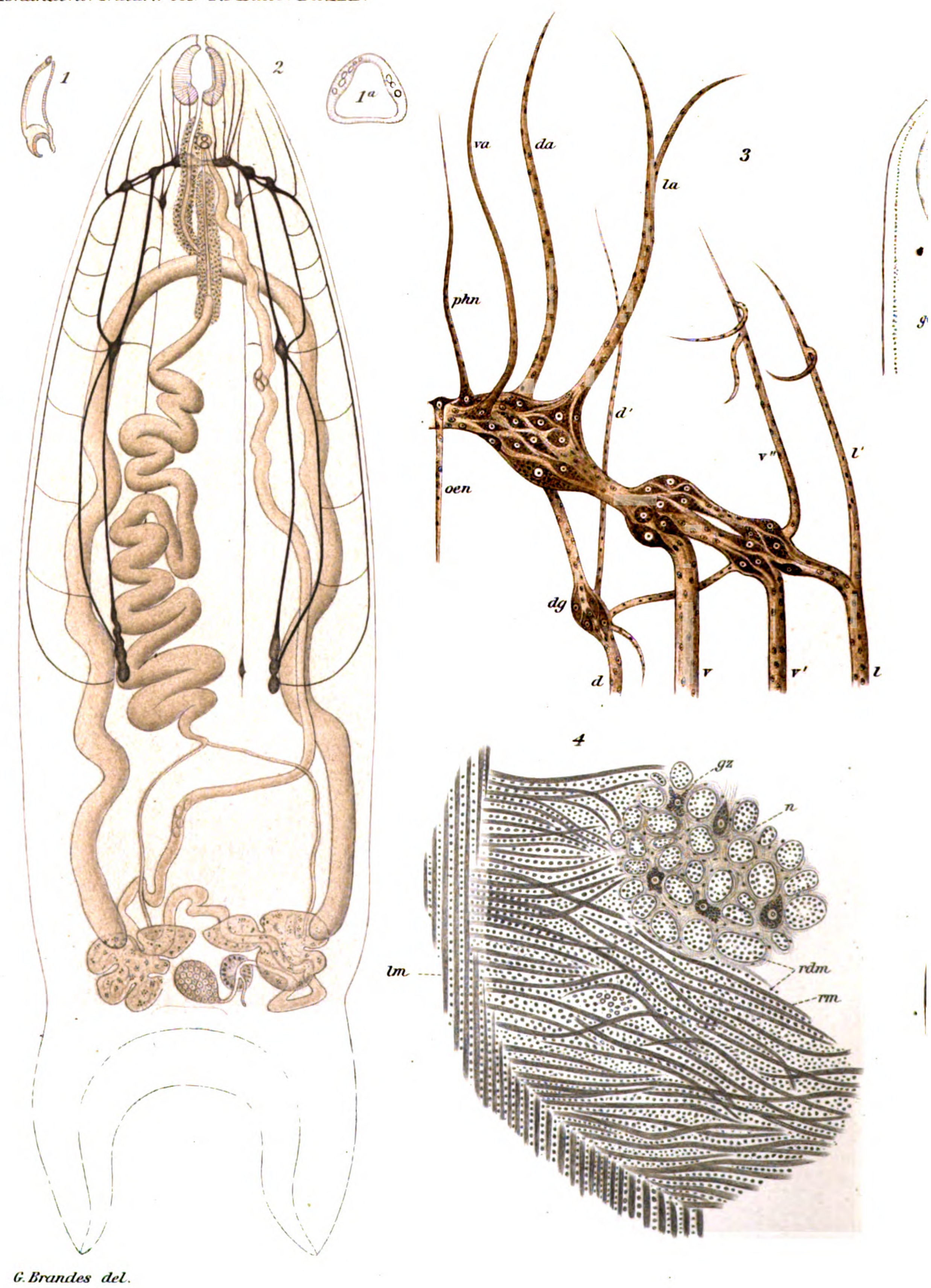
Fig. 15. Querschnitt durch die hintere Körperpartie.

Fig. 16. Tangentialschnitt durch die innere Wand der Bauchtasche.

Zeichenerklärung.

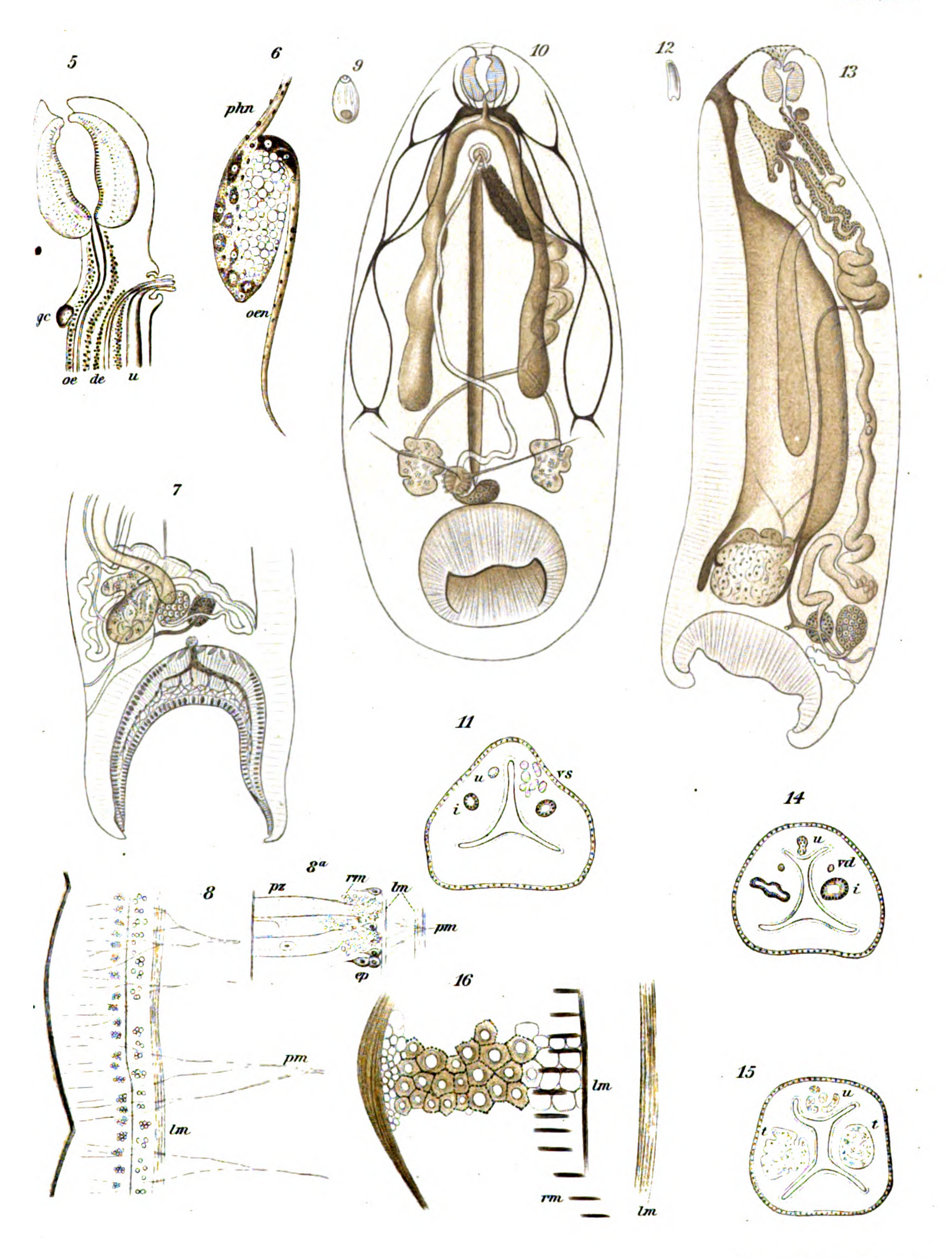
d = Hinterer Dorsalnerv.
d' = Dessen Vorderast.
da = Vorderer Dorsalnerv.
dg = Dorsalganglion.
ep = Epithelzellen (Cuticulabildner).
gc = Schlundkommisur.
gz = Ganglienzelle.
i = Darmschenkel.
l = Hinterer Lateralnerv.
l' = Dessen Vorderast.
la = Vorderer Lateralnerv.
lm = Längsmuskeln.
n = Nervenplexus.
oe = Oesophagus.
oen = Oesophagealnerv.
phn = Pharyngealnerv.
pm = Parenchymmuskeln.
pz = Pallisadenzellen.
rdm = Radialmuskeln.
rm = Ringmuskeln.
t = Hoden.
u = Uterus.
v = Hinterer Ventralnerv.
v' = Dessen Parallelnerv.
v" = Vorderast des Ventralis.
va = Vorderer Ventralnerv.
vd = Vas defereus.
vs = Vesicula seminalis.

Abhandl. d. Naturf. Ges. zu Halle. Bd. XXI.



G. Brandes del.

Taf. VIII.



Lith. Anst. v. C. Kirst, Leipzig.

ÜBER DIE
ABLENKUNG DER KATHODENSTRAHLEN
DURCH ELEKTRISCHE SCHWINGUNGEN

VON

PROF. DR. K. E. F. SCHMIDT.

(Dritte Mitteilung.)

In zwei Arbeiten (diese Abhandlungen XXI, p. 163 und 173 ff.) habe ich Mitteilung über eine neue Art der Ablenkung von Kathodenstrahlen gemacht, welche ich als durch elektrische Kräfte hervorgerufen bezeichnete. Diese Auffassung wurde in der Diskussion, welche sich gelegentlich der Naturforscher-Versammlung an einen über den Gegenstand gehaltenen Vortrag anknüpfte, bezweifelt. Ich habe deshalb noch einige Versuche angestellt, um meine Ansicht weiter zu stützen, über die ich hier berichten möchte.

Als Hauptargument wurde von der andern Seite geltend gemacht, dass bisher eine Ablenkung der Kathodenstrahlen durch ruhende elektrisch geladene Leiter bisher nicht beobachtet ist.

Neue Versuche, welche ich nach dieser Richtung angestellt habe, wo mit Hilfe eines vergrössernden Fernrohres durch Anvisieren des Fluorescenzflecks mit dem Fadenkreuz sehr feine Verschiebungen hätten nachgewiesen werden können, ergaben eine Bestätigung dieses Resultates. Nur in dem Momente, wo die nach dem ablenkenden Leiter führende Verbindung nach der Elektricitätsquelle (Influenzmaschine) geschlossen wurde, erfolgte eine deutlich nachweisbare Ablenkung des Gesamtflecks; sobald der Leiter auf konstantes Potential geladen war, kehrte der Fleck an seine alte Stelle zurück und eine Verschiebung, welche nach $^1/_{100}$ des Millimeters hätte zählen können, war nicht mehr nachzuweisen.

Für die Ansicht nun, dass es trotzdem nicht die magnetischen, sondern elektrischen Kräfte sind, welche die von mir beschriebene Ablenkung erzeugen, scheinen mir folgende Versuche zu sprechen.

1. Der in der zweiten Mitteilung p. 182 beschriebene rechtwinklig gebogene Draht wurde so gestaltet, dass der parallel dem HITTORF'schen Rohre liegende Schenkel sehr lang, der senkrecht dazu stehende etwa $^1/_{10}$ kürzer war, sodass also die magnetischen Kräfte, welche vom ersten Schenkel ausgingen, die vom zweiten ausgehenden übertrafen. Wurden nun die Ablenkungen beobachtet, welche eintraten, wenn der längere Schenkel parallel zur Röhre stand oder eine Drehung um 90 Grad um den kürzeren Schenkel als Achse erfolgt war, so war ein Unterschied nicht nachzuweisen. Es ist also die von dem kürzeren Schenkel ausgestossene elektrische Welle die Veranlassung für die Ablenkung der Kathodenstrahlen.

2. Den auf der oben bezeichneten Seite beschriebenen Ablenkungsversuch mit dem Solenoid habe ich in der Weise beweiskräftiger gestaltet, dass ich zwei Solenoiden eine doppelte Windung gab, alles gut in flüssig gemachtem Paraffin, das beim Kaltwerden wieder erstarrte, isolierte und bei dem einen Solenoid (I) die zwei Wicklungen im gleichen Richtungssinne, bei dem andern (II) in entgegengesetztem Sinne (bifilar) aufwickelte. Die beiden Drahtenden befanden sich bei beiden Spulen an dem der HITTORF'schen Röhre abgewandten Ende; letztere Rolle durfte wesentliche magnetische Wirkungen nach Aussen hin nicht zeigen.

Die Grösse der beobachteten Ablenkung war hingegen bei beiden Spulen gleich und erfolgte in der Richtung der Solenoidachse; während das vom konstanten Strome durchflossene Solenoid eine senkrecht zur Solenoidachse gelagerte Ablenkung ergab.

Eine andere Versuchsanordnung traf ich schliesslich noch in der Weise, dass ich den Strom, welcher die Kathodenstrahlen erzeugte, zuerst durch das Solenoid, welches in der bekannten Weise der HITTORF-Röhre genähert wurde, gehen liess. Weder bei der ersten noch bei der bifilar gewickelten Spule liess sich in diesem Falle die geringste Wirkung wahrnehmen, die aber sofort wieder eintrat, wenn das Solenoid mit dem einen oder andern Ende des Drahtes an den Kathodenpol des Induktors gelegt wurde.

Die magnetische Wirkung des die Kathodenstrahlen erzeugenden Stromes, welcher nach ungefährem Ueberschlag 0,005 Ampère betrug, war also nicht stark genug, um Ablenkungen der Kathoden-

strahlen zu erzeugen. Dagegen rief die in dem einpolig an den Kathodenpol des Induktors angelegten Solenoid entstehende Schwingung eine Ablenkung hervor, deren Grösse etwa der magnetischen Ablenkung eines konstanten Stromes von 5—6 Ampère entspricht.

Schliesslich verglich ich noch die Ablenkung, welche der durch das Solenoid (I) gesandte konstante Strom von ca. 1 Ampère Intensität hervorrief, mit der durch die auf das Solenoid gesandten Schwingung erzeugten; ersterer lenkte nach Schätzung den Fleck dreimal schwächer als die letztere ab, und die Verschiebungsrichtung stand im ersten Falle senkrecht zu der Richtung im zweiten.

Es ist damit erwiesen, dass lediglich die elektrische Ladung des Leiters und die von ihm in den Raum ausgesandte elektrische Schwingung Veranlassung zu der beobachteten Ablenkung ist; dass also die Ablenkung durch elektrische Kräfte erfolgt.

Vorgetragen in der Sitzung vom 20. November 1897.

Anm. Einer mündlichen Mitteilung des Herrn EBERT-Kiel zufolge ist er durch Versuche in schnell pulsierenden Feldern zu der gleichen Auffassung der Erscheinung gelangt.

ÜBER DEN
EINFLUSS DES CARBONYLS
AUF BENACHBARTE GRUPPEN.

VON

D. VORLÄNDER.

I.

Dass die verschiedenen Gruppen eines kohlenstoffhaltigen Moleküls je nach ihrer Art auf den Charakter der Verbindung einen Einfluss ausüben,[1] ist niemals bezweifelt worden. Ein solcher Einfluss darf sogar als erwiesen gelten, wenn man folgende Verbindungen mit einander vergleicht:

primäre Alkohole	Carbonsäuren
$R . CH_2 (OH)$	$R . CO (OH)$
Alkylamine	Acylamide
$R . CH_2 (NH_2)$	$R . CO (NH_2)$
Halogenalkyle	Säurechloride
$R . CH_2 (Cl)$	$R . CO (Cl)$,

bei welchen eine Verwandlung von CH_2 in CO eine vollständige Eigenschaftsveränderung der in Klammern stehenden Gruppen und damit auch der Verbindungen selbst hervorruft. Ferner vergleiche man

Alkohole	und	Phenole
Alkylamine	„	Phenylamine
Phenole	„	Nitrophenole
Anilin, Diphenylamin	„	Triphenylamin,
Anilin	„	chlorierte Aniline,

wo durch Eintritt von $C_6 H_5$ oder Cl oder NO_2 die sauren Eigenschaften zunehmen oder die basischen abnehmen. Man pflegt diese Aenderungen ganz allgemein der sauer machenden oder negativen Natur des Carbonyls, des Phenyls u. s. w. zuzuschreiben.

---

[1]) Eine ältere, ausführlich geordnete Zusammenstellung findet sich in VAN'T HOFF's „Ansichten über die organische Chemie", II. Bd., Braunschweig 1881.

II.

Nicht so sicher ist man in der Beurteilung einer anderen Reihe von Erscheinungen:

a. Das Carbonyl (oder auch NO_2 und SO_2) wirkt auf die Reaktionsfähigkeit der zu ihm in α-Stellung befindlichen Wasserstoffatome in dem Reste

$$— CH_2 — CO —$$

wie er bei Säuren, Aldehyden und Ketonen vorkommt, derartig ein, dass nur diese Wasserstoffatome zum Austausch gelangen, während alle anderen Wasserstoffatome unberührt bleiben. Dies zeigt sich bei der PERKIN'schen Reaktion und der mit ihr verwandten Aldolkondensation, bei der Nitrosierung, bei der Kondensation der Säure-Ester und Ketone durch Natriumäthylat, bei der Bromierung[1]) nach VOLHARD's Verfahren und bei vielen anderen Reaktionen.

b. Zwei Carbonyle in Nachbarstellung zu einem Methylen $— CO — CH_2 — CO$ (oder auch $— CN — CH_2 — CO$) veranlassen die ganz auffallende Beweglichkeit der Wasserstoffatome im Malonsäureester, Acetessigester u. a., welche unter Umständen soweit geht, dass ein Wasserstoffatom „ionisierbar" wird, d. h. dass die Verbindung sich zu einer ausgesprochenen Säure gestaltet (Hydroresorcine).

c. Das dem doppelt gebundenen Kohlenstoffpaar benachbarte Carbonyl

$$— CH = CH — CO —$$

ist Ursache der Reaktionsfähigkeit $\alpha\beta$-ungesättigter Säureester und Ketone mit Malonsäureester, Acetessigester, Benzylcyanid, Cyanwasserstoff u. a., welche besonders in Gegenwart von Alkali zur Geltung kommt. Es findet hierbei keine Umsetzung statt, wie bei den oben erwähnten Reaktionen, sondern eine Zusammenlagerung der Komponenten, welche meistens so verläuft, dass ein Wasserstoffatom an das α-Kohlenstoffatom der ungesättigten Verbindung tritt, während der übrig bleibende Rest an das β-Kohlenstoffatom wandert. Die doppelte Bindung geht dabei in eine einfache über. Z. B.

---

[1]) Trimethylessigsäure, welche kein mit CO benachbartes Wasserstoffatom hat, ist überhaupt nicht bromierbar, REFORMATZKY, Ber. d. deutschen ch. Ges. 23, 1596.

$$
\begin{array}{l} -CH=CH-CO- \\ +\ CH_2(COOR)_2 \end{array} = \begin{array}{l} -CH-CH_2-CO- \\ \ \ | \\ \ \ CH(COOR)_2 \end{array}
$$

Ungesättigte Kohlenwasserstoffe, Alkohole, $\beta\gamma$- oder $\gamma\delta$-ungesättigte Säureester oder Ketone zeigen dieses Additionsvermögen kaum.

III.

In welch verschiedener Weise bei diesen und ähnlichen Vorgängen die Carbonylwirkung — hiermit soll die Erscheinung im allgemeinen bezeichnet sein — beurteilt wird, zeigt ein Blick in die neuere Litteratur.

CLAISEN spricht sich unbedingt für die stark negative Natur des Carbonyls und carbonylhaltiger Gruppen wie

$$-CO-CH_3 \text{ und } -CO-OC_2H_5$$

aus.[1]) Er erörtert gelegentlich der Besprechung von Oxymethylenverbindungen den Einfluss des doppelt gebundenen Sauerstoffatoms und den Ersatz desselben durch kohlenstoffhaltige Gruppen. Hierbei führt er folgende Betrachtung HOLLEMANN's an:

„Angenommen in der Salpetersäure werde eines der Sauerstoffatome durch $X_2C=$ ersetzt,

$$O=N\begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix} \qquad \begin{matrix} X \\ X \end{matrix}\!\!>\!C=N\begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$$

so sollte . . . ein Körper resultieren, welcher annähernd so sauer ist, wie die Salpetersäure selbst. Diese Gruppierung findet sich nun in der Nitrobarbitursäure

$$CO\begin{matrix} \diagup NH-CO \diagdown \\ \diagdown NH-CO \diagup \end{matrix}C=N\begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH; \end{matrix}$$

in der That hat die . . . Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit zu dem . . . Resultate geführt, dass die Nitrobarbitursäure ungefähr die Stärke der Salzsäure besitzt."

V. MEYER und JACOBSON sagen in ihrem Lehrbuch (S. 653):

„Es muss . . . zugestanden werden, dass die übliche Erklärung, nach welcher in dem Malonsäureester und ähnlichen Verbindungen die an Kohlenstoff gebundenen

---

[1]) LIEBIG's Ann. 297, 15.

Wasserstoffatome sauren Charakter durch die Nachbarschaft elektronegativer Gruppen erlangen sollen, keine Rechenschaft darüber giebt, warum z. B. Methylenchlorid CH_2Cl_2 nicht ein dem Malonsäureester analoges Verhalten zeigt."

NEF führt in seiner jüngsten Arbeit[1]) aus:

„Die Thatsache, dass der freie Malonsäureäther von ungesättigten Körpern in H— und —CH(COOR)₂ dissociiert und dann unter Addition von denselben aufgenommen wird, beruht nicht auf einer sauren Natur dieses Körpers, denn auch Alkohol, Ammoniak und die Amine . . . Hydroxylamine . . . werden ebenfalls, oft mit ganz bewunderungswerter Leichtigkeit, von ungesättigten Körpern ebenso dissociiert und angelagert."

NEF schreibt in einer älteren Arbeit:[2])

„Da die Hypothese von dem sauermachenden Einfluss negativer Gruppen in solchen Fällen nicht mehr haltbar ist, so war es klar, dass bei dieser Salzbildung (es ist vom Natriumsalz des Cyanessigesters die Rede) andere Vorgänge stattfinden müssen."

VON BAEYER äussert sich über den Vorgang der Hydrierung ungesättigter Säuren folgendermassen:[3])

„Eine Reduktion findet nur dann statt, wenn Wasserstoffionen in das Innere des Moleküls dringen. Die Anzahl der eintretenden Ionen ist bedingt durch die Anzahl der negativen Gruppen, welche die Reduktion überhaupt ermöglichen — in dem vorliegenden Fall die Carboxyle in Verbindung mit den negativen Doppelbindungen —. Die Carboxyle wirken dirigierend auf die Ionen ein, indem sie dieselben dem α-Kohlenstoff zuführen."

Auf das verschiedene Verhalten der freien Säuren und ihrer Ester bei der Anlagerung von Brom macht LIEBERMANN[4]) aufmerksam:

„Die mangelnde Additionsfähigkeit von Säuren, welche den Atomkomplex $= C = C(COOH)_2$ besitzen, ist wohl darauf zurückzuführen, dass die beiden am ungesättigten Kohlenstoff vorhandenen elektronegativen Carboxyle die Aufnahme von Halogen an demselben Kohlenstoff erschweren und damit dessen Additionsvermögen für Halogene aufheben. Beseitigt man — wenigstens teilweise — die elektronegative Natur der Carboxyle durch deren Esterifikation, so fällt der Widerstand fort, und die Additionsfähigkeit der Doppelbindung tritt wieder in ihre Rechte."

---

[1]) LIEBIG's Ann. 298, 262.

[2]) Ebenda 287, 280 und 280, 264.

[3]) Ebenda 269, 171.

[4]) Ber. d. deutschen ch. Ges. 28, 143; vgl. MÜLLER, ebenda 26, 662.

Einen besonderen Fall der Carbonylwirkung erwähnt W. WISLICENUS[1]) gelegentlich der Besprechung des Oxallävulinsäureesters:

Es „ergiebt sich eine . . . nicht uninteressante Thatsache aus diesen Versuchen, nämlich die, dass der Oxalester von den drei Gruppen des Lävulinsäureesters die durch die Nachbarschaft der Ketongruppe reaktionsfähig gemachte Methylgruppe vor den beiden Methylengruppen bevorzugt, von denen die eine neben der Ketongruppe, die andere neben der Carboxäthylgruppe steht. Es wird dadurch eine Beobachtung von CLAISEN und ERHARDT[2]) bestätigt . . ., dass . . . die Methylgruppe der Methylengruppe an Reaktionsfähigkeit überlegen ist."

IV.

Die Gründe, welche man gegen die Theorie der negativen Carbonylwirkung anführen könnte, sind folgende:

1. Der Zutritt negativer Gruppen oder Atome zum Molekül bedingt nicht ausnahmslos ein Anwachsen der sauren Eigenschaften. Die Salzsäure ist eine der stärksten Säuren, die um ein Sauerstoffatom reichere unterchlorige Säure dagegen ist eine schwache Säure.[3])

In den Aldehyden mit der Gruppe

$$-C\begin{matrix}\diagup H \\ \diagdown\!\!\diagdown O\end{matrix}$$

ist das Wasserstoffatom trotz der Nachbarschaft von CO nicht ionisierbar.

Des Methylenchlorids ist oben schon gedacht worden.

2. Man kennt eine Anzahl von Reaktionen, welche den unter II a und c aufgeführten durchaus ähnlich sind, und welche trotz der Abwesenheit benachbarter negativer Reste oder sogar bei Anwesenheit basischer Bestandteile verlaufen.

Aus Benzaldehyd und Benzylamin entsteht in alkalischer Lösung die Verbindung[4]) $C_6H_5 . CH(OH) . CH(NH_2)C_6H_5$.

---

[1]) Ber. d. deutschen ch. Ges. 31, 624.

[2]) Ber. d. deutschen ch. Ges. 22, 1016; J. pr. Chem. (2) 52, 76.

[3]) Diese Erscheinung wird nicht verständlicher, wenn man ihre Ursache nach OSTWALD „in einem Wechsel der Valenz des Halogens" suchen kann (Analyt. Chem., 2. Aufl., S. 181).

[4]) ERLENMEYER jun., Ber. d. deutschen ch. Ges. 30, 1529.

Das Methyl im α-Picolin[1]) und im Chinaldin[2]) reagiert mit Aldehyden unter Wasseraustritt, wie das $CH_3—CO—$ bei der PERKIN'schen Reaktion.

Das basische Tropinon vereinigt sich leicht mit Benzaldehyd in Gegenwart von Natronlauge oder Chlorwasserstoff[3]) wie andere Ketone.

Chinaldin lässt sich in Gegenwart von Natriumäthylat mit Oxalester kondensieren; ebenso verhalten sich Nitrotoluole und Pyrrylmethylketon.[4])

Die Alkylidenaminbasen mit der Doppelbindung zwischen Kohlenstoff und Stickstoff (auch Hydrazone und Oxime)

$$—C=N—$$

nehmen Blausäure, Acetessigester u. a. auf, wie $\alpha\beta$-ungesättigte Säureester und Ketone.[5])

Dem gegenüber ist nicht von der Hand zu weisen, dass die Annahme von der acidificierenden Carbonylwirkung vieles für sich hat, und dass oft durch einen Gegensatz zwischen sauren und basischen Resten Reaktionen zu Stande kommen könnten.

1. Die unter I aufgeführten Beziehungen müssen auf jeden Fall als bedeutsam auch für die Reaktionen unter II anerkannt werden.

2. Die Reaktionsunfähigkeit der ungesättigten Kohlenwasserstoffe, der $\beta\gamma$- und $\gamma\delta$-ungesättigten Ester und Ketone in Gegensatz zu dem hervorragenden Additionsvermögen $\alpha\beta$-ungesättigter Säureester und Ketone für Basen, wie Ammoniak, Anilin, Phenylhydrazin,[6]) für Natriumäthylat[7]) (nicht für freien Alkohol), für Natrium-

---

[1]) LADENBURG, Ber. d. deutschen ch. Ges. 19, 2578. EINHORN u. LIEBRECHT, ebenda 20, 1592.

[2]) JACOBSEN u. REIMER, Ber. d. deutschen ch. Ges. 16, 2606; WALLACH u. WÜSTEN, ebenda 2008; EINHORN, ebenda 18, 3465; v. MILLER u. SPADY, ebenda 3402.

[3]) WILLSTÄDTER, Ber. d. deutschen ch. Ges. 30, 731.

[4]) W. WISLICENUS, Ber. d. deutschen ch. Ges. 30, 1479; REISSERT, ebenda 30, 1030; ANGELI, ebenda 23, 1793 u. 2154.

[5]) SCHIFF, BERTINI, Ber. d. d. ch. G. 30, 601; 31, 205; v. MILLER, ebenda 25, 2024.

[6]) KNORR u. DUDEN, Ber. d. deutschen ch. Ges. 25, 759; 26, 103; BLANK, ebenda 28, 145; GOLDSTEIN, ebenda 29, 813; ANSCHÜTZ, LIEBIG's Ann. 239, 150.

[7]) PURDIE u. MARSHALL, Ber. d. deutschen ch. Ges. 24, Ref. 855; LIEBERMANN, ebenda 26, 1876; CLAISEN u. CRISMER, LIEBIG's Ann. 218, 141.

malonsäureester und Natriumacetessigester[1]) (weniger für die Ester selbst) kann in folgender Weise gedeutet werden:

Das Zustandekommen der Addition hängt einerseits von dem Zustand der ungesättigten Verbindung (dem aufnehmenden Summanden), andererseits von dem hinzukommenden Summanden ab. Je grösser man den positiv-negativen Gegensatz zwischen den beiden Summanden macht, um so leichter ist die Addition.[2]) Demzufolge werden ungesättigte Kohlenwasserstoffe, denen das negative CO fehlt, sowie $\beta\gamma$- und $\gamma\delta$-ungesättigte Ester und Ketone, bei denen das CO in grösserer Entfernung von der Doppelbindung steht, ein weit geringeres Additionsvermögen für basische Substanzen zeigen, als $\alpha\beta$-ungesättigte Verbindungen.[3]) Mit dem Anwachsen der basischen Eigenschaften des hinzukommenden Summanden (oder des Condensationsmittels) wächst seine Vorliebe für die negative $\alpha\beta$-Stellung. Eine Dissociation des hinzukommenden Summanden kann insofern berücksichtigt werden, als zu einer Anlagerung z. B. von Malonsäureester eine Spaltung in H— und —CH(COOR)$_2$ notwendig ist. Diese Spaltung wird in stärkerm Masse bei dem Salz (in Na— und CH—(COOR)$_2$) als bei dem freien Ester eintreten.[4])

V.

Erwägt man das Für und Wider in der Frage nach der Carbonylwirkung, so kommt man zu dem Resultat, dass es noch vollständig

---

[1]) CLAISEN, MICHAEL, AUWERS, KNOEVENAGEL, VORLÄNDER.

[2]) Mit MICHAELS „positiv-negativem Satz" stehen diese Verhältnisse in keinem Zusammenhang.

[3]) Andererseits werden ungesättigte Kohlenwasserstoffe, $\beta\gamma$- und $\gamma\delta$-ungesättigte Säuren oder Ketone besonders für saure Agentien geeignet sein vgl. die Arbeiten von KÖNIGS (Ber. d. deutsch. ch. Ges. 23, 3144; 24, 179) und von KRÄMER u. SPILKER (ebenda 23, 3169; 24, 2788) sowie die Untersuchungen FITTIGS über das Verhalten ungesättigter Säuren gegen Schwefelsäure.

[4]) NEF (LIEBIG's Ann. 298, 262) ist anderer Ansicht, obgleich er sonst, OSTWALD folgend, den mit der Erfahrung wenig übereinstimmenden Satz anwendet: alles was leicht reagiert, ist dissociiert. Sogar die „Valenzen" sind bei NEF dissociiert!! NEF meint, der Natriummalonester werde in alkoholischer Lösung durch Alkoholyse grösstenteils in Malonester und Natriumalkoholat gespalten. Dies ist nicht richtig. Benzalaceton ist nach meinen Beobachtungen ein ziemlich empfindliches Reagens auf freies Natriumalkoholat. Die alkoholische Lösung des Ketons färbt sich gelb,

ungewiss ist, ob der reaktionserleichternde Einfluss des Carbonyls auf benachbarte Gruppen der negativen, sauermachenden Natur desselben zuzuschreiben ist, oder anderen noch unbekannten Eigenschaften. Es dürfte nicht so leicht sein, eine Entscheidung auf diesem Gebiete herbeizuführen, aber es erscheint immerhin möglich, etwas bestimmtere Vorstellungen über die Carbonylwirkung zu gewinnen. Ich habe versucht, diesem Ziele auf folgendem Wege näher zu kommen:[1])

Wenn der Einfluss des Carbonyls auf dessen negativer Natur beruht, so müsste er durch benachbarte positive Radikale, welche diese negative Beschaffenheit neutralisieren, abgeschwächt werden und zwar um so mehr, je stärker positiv oder basisch die Radikale sind. Steht das Carbonyl zwischen einem basischen Rest und einer reaktionsfähigen Gruppe, wie z. B. in den Säureamiden

$$\text{Alkyl}-[CH_2]-CO-NR_2$$
$$\text{Alkyl}-[CH=CH]-CO-NR_2$$

so könnte die Reaktionsfähigkeit des Methylens oder der Doppelbindung abhängig sein von der Stärke der basischen Eigenschaften des in dem Säureamid enthaltenen Ammoniak- oder Aminrestes NR_2.

Eine zweite Anordnung derselben Gruppen ergiebt die Aminoketone (oder Aminosäureester)

$$R_2N-[CH_2]-CO-\text{Alkyl}$$
$$R_2N-[CH=CH]-CO-\text{Alkyl},$$

in denen die reaktionsfähigen Gruppen von der einen Seite durch das basische NR_2, von der anderen durch das saure CO beeinflusst werden.

Die Richtigkeit dieser Anschauungsweise ist einer experimentellen Prüfung zugänglich, welche darauf hinausläuft, bei den im Abschnitt II aufgeführten Synthesen Säureester durch Säureamide (oder Aminosäureester) und Ketone durch Aminoketone zu ersetzen. Ferner würde

---

dann braun und verharzt, z. B. mit einer Mischung von Natriumäthylat und Phenylessigester, ungefärbt aber bleibt sie in Gegenwart einer dem Natrium äquivalenten Menge Malonester. Ich hoffe diese Frage auch in anderer Weise beantworten zu können: durch Bestimmung der Siedepunktserhöhung und der Leitfähigkeit alkoholischer Lösungen von Natriumalkoholat und von Natriummalonester.

[1]) Vgl. hierzu die untenstehende, gemeinsam mit Herrn P. HERRMANN ausgeführte Untersuchung über das Verhalten ungesättigter Verbindungen gegen Malonester.

wenn möglich nach einer Beziehung zwischen Reaktionsfähigkeit und Stärke des in die Verbindung eingetretenen Amins zu suchen sein.

Hinsichtlich des Ersatzes von Säureestern durch Säureamide liegen bereits eine Anzahl von Arbeiten vor:

Im Cyanacetamid $CN-CH_2-CO-NH_2$ lassen sich nach ERRERA[1]) die Wasserstoffatome des Methylens durch Alkyl ersetzen, wie im Cyanessigester oder Malonsäureester.

Cyanacetamid[2]) und Malonsäureamid reagieren leicht mit Benzaldehyd unter Wasseraustritt; die entstehenden Benzalverbindungen haben die Konstitution

$$C_6H_5 . CH = C \begin{matrix} \diagup CONH_2 \\ \diagdown CONH_2 \end{matrix} \quad \text{bez.} \quad C_6H_5 . CH = C \begin{matrix} \diagup CN \\ \diagdown CONH_2 \end{matrix} .$$

Phenylmethylpyrazolon (KNORR)[3]) und Phenylpyrazolidon (MICHAËLIS und BURMEISTER)[4])

$$CH_2 \begin{matrix} \diagup CO - N . C_6H_5 \\ \qquad\quad | \\ \diagdown C \; = N \\ | \\ CH_3 \end{matrix} \qquad\qquad CH_2 \begin{matrix} \diagup CO - N . C_6H_5 \\ \qquad\quad | \\ \diagdown CO - NH \end{matrix}$$

zeigen das Verhalten des ihnen entsprechenden Acetessigesters bezw. Malonsäureesters. Die sauren Eigenschaften des Methylenwasserstoffs sind sogar — wohl infolge der Ringbildung — ausgeprägter.

Versuche mit Aminoketonen[5]), Aminosäureestern und ungesättigten Säureamiden sind bisher nicht veröffentlicht worden.

VI.

Bei der Wahl des Ausgangsmaterials zu Versuchen musste berücksichtigt werden, dass die zu vergleichenden Synthesen bei mittlerer Temperatur verlaufen, und dass störende Einflüsse der Alkyle aus-

---

[1]) Ber. d. deutsch. ch. Ges. 29, Ref. 517; Chem. Centr. 1898 I, 37.

[2]) HEUCK, Ber. d. deutsch. ch. Ges. 28, 2251; vgl. auch die Kondensation von Glycocoll mit Benzaldehyd oder Phtalsäureanhydrid, ERLENMEYER jun. Ber. d. deutsch. ch. Ges. 28, 1866, ebenda 25, 3445; LIEBIGS Ann. 275, 1.

[3]) LIEBIGS Ann. 238, 147.

[4]) Ber. d. deutsch. ch. Ges. 24. 1800 u. 25, 1503.

[5]) Im Piperidoaceton hat das dem basischen Piperidinreste benachbarte Carbonyl nicht die Fähigkeit verloren, Blausäure aufzunehmen und mit Hydroxylamin zu reagieren; STÖRMER Ber. d. deutsch. ch. Ges. 28, 1250 und 2220.

zuschliessen sind. Diesen Anforderungen genügen am Besten die Synthesen durch Anlagerung an ungesättigte Verbindungen (IIc), welche ein und denselben kohlenstoffhaltigen Rest

$$\text{Alkyl}-CH=CH-$$

enthalten. Am leichtesten zugänglich sind die Derivate des Phenyläthylens und der Zimmtsäure:

A. Ohne Carbonyl.

1. $C_6H_5-CH=CH-H$
2. . . . . $-C_6H_5$
3. . . . . $-NO_2$
4. . . . . $-C_9H_6N$
5. . . . . $-CH=N-NHC_6H_5$
6. . . . . $-C(CH_3)=N-NHC_6H_5$

B. Mit Carbonyl.

1. $C_6H_5-CH=CH-COONa$
2. . . . . $-COOR$
3. . . . . $-CO-CH_3$
4. . . . . $-CO-NH_2$
5. . . . . $-CO-NHCH_3$
6. . . . . $-CO-NHC_2H_5$
7. . . . . $-CO-NHC_6H_5$
8. . . . . $-CO-N(CH_3)_2$
9. . . . . $-CO-N(C_2H_5)_2$
10. . . . . $-CO-NC_5H_{10}$
11. . . . . $-CO-N(C_6H_5)_2$

Die Verbindungen unter A sind carbonylfrei, im Stilben (2) vertritt jedoch ein negatives Phenyl, im Phenylnitroäthylen (3) eine Nitrogruppe das Carbonyl. Benzalchinaldin (4) und die Phenylhydrazone (5 und 6) zeichnen sich durch einen Gehalt an basischen Resten aus.

Die Verbindungen unter B enthalten alle Carbonyl, und die Zimmtsäureamide (4—11) sind den Bedingungen entsprechend gebaut, welche im Abschnitt V gestellt wurden.[1]) Die basischen Reste $-NR_2$

[1]) Methyl- und Dimethylamid, Aethyl- und Diäthylamid der Zimmtsäure waren bisher noch nicht bekannt und sind von Herrn P. Herrmann dargestellt worden.

leiten sich vom Ammoniak, von primären und sekundären Aminen ab, deren „Stärke“ sich auf Grund der elektrischen Leitfähigkeit wie folgt angeben lässt[1]) (Dissociationskonstante des Ammoniumhydroxyds = 1):

Ammoniak	1,0
Methylamin	21,7
Aethylamin	23,0
Dimethylamin	32,2
Diäthylamin	52,6
Piperidin	68,7

Die sekundären aliphatischen Amine sind demnach nahezu 1,5 bis 3 mal so stark basisch als die primären, und diese 20 mal stärker als Ammoniak. Das Ammoniak ist unter den Genannten die schwächste Base, das Piperidin die stärkste. Anilin ist ungefähr 10^6 mal schwächer als Ammoniak. Die basischen Eigenschaften des Diphenylamins, welches noch viel schwächer ist als Anilin — in Zahlen lässt sich dies nicht ausdrücken —, dürften demnach verschwindend gering sein im Vergleich mit den aliphatischen Basen.[2]) Hier könnte also ein Unterschied im Additionsvermögen der entsprechenden Zimmtsäurederivate besonders auffallend werden.

---

[1]) Bredig, Zeitschr. phys. Chem. 13, 294; Ber. d. deutsch. ch. Ges. 31, 1633 Kohlrausch und Holborn, „das Leitvermögen der Elektrolyte“, Tab. 6.

[2]) Einige Physikochemiker sind entrüstet darüber, dass der Chemiker Basen wie Ammoniak, Benzylamin zuweilen als „stark“ oder auch als „sehr stark“ bezeichnet, „weil die Verbindungen Kohlensäure aus der Luft anziehen.“ Offenbar ist der Chemiker durchaus im Recht. Denn im Vergleich mit den zahlreichen aromatischen Basen müssen Ammoniak, Methylamin, Piperidin, gleichgültig ob sie primär, sekundär oder tertiär sind, ob sie in wässriger Lösung besser oder schlechter leiten, alle als „sehr stark“ aufgefasst werden.

Im Vergleich mit anderen organischen „Säuren“ wie z. B. mit Phenolen, Alkoholen, β-Diketonen u. a. ist die Essigsäure, welche im Vergleich mit Mineralsäuren als schwache Säure angesprochen wird, jedenfalls eine recht starke Säure. Als Definition einer Säure bleibt trotz der Dissociationstheorie der alte Satz (Davy, Liebig) im allgemeinen bestehen: Eine Säure ist eine wasserstoffhaltige Verbindung, deren Wasserstoff sich ganz oder teilweise durch Metall ersetzen lässt. Nach dieser Definition kann z. B. das Ammoniak auch zu den Säuren gezählt werden (Natriumamid); die sauren Eigenschaften des Ammoniaks treten in einigen Abkömmlingen thatsächlich deutlich hervor, in welchen Wasserstoffatome sogar „jonisierbar“ sind.

Sämtliche ungesättigte Verbindungen wurden auf ihr Verhalten gegen Natriummalonsäureester in absolut alkoholischer Lösung geprüft. Hierbei hat sich folgendes ergeben

Die Verbindungen ohne Carbonyl reagieren nicht oder in nicht nachweisbarer Menge. Das Phenylnitroäthylen wird polymerisiert.

Unter den Verbindungen mit Carbonyl hat allein das zimmtsaure Natrium als reaktionsunfähig eine Ausnahmestellung[1]); alle übrigen vereinigen sich mit Malonsäureester. Für Zimmtsäureester und Benzalaceton ist dies bereits früher von MICHAËL[2]) sowie von VORLÄNDER[3]) nachgewiesen worden.

Aus dem Ester geht β-Phenylglutarsäure hervor:

$$\begin{array}{c} C_6H_5 . CH{=}CH-COOR \\ + \\ CH_2(COOC_2H_5)_2 \end{array} = \begin{array}{l} C_6H_5 . CH-CH_2-COOR \\ \quad\quad\; | \\ \quad\quad\; CH(COOC_2H_5)_2 \end{array}$$

und dieses direkte Additionsprodukt giebt durch Verseifung

$$\begin{array}{l} C_6H_5 . CH-CH_2-COOH \\ \quad\quad\; | \\ \quad\quad\; CH(COOH)_2 \end{array}$$

und durch Kohlensäureabspaltung

$$\begin{array}{l} C_6H_5 . CH-CH_2-COOH \\ \quad\quad\; | \\ \quad\quad\; CH_2-COOH \end{array} .$$

Aus dem Ketone erhält man Phenylhydroresorcylsäureester.

Die Zimmtsäureamide verhalten sich ganz analog wie der Ester; die Reaktion verläuft in der gewöhnlichen Weise, z. B. mit dem Zimmtsäurepiperid

$$\begin{array}{c} C_6H_5 . CH{=}CH-CO . NC_5H_{10} \\ + \\ CH_2(COOC_2H_5)_2 \end{array} = \begin{array}{l} C_6H_5 . CH-CH_2-CONC_5H_{10} \\ \quad\quad\; | \\ \quad\quad\; CH(COOC_2H_5)_2 \end{array}$$

Dieser Ester verwandelt sich durch Verseifung mit kalter alkoholischer Kalilauge in die Dicarbonsäure,

---

[1]) Der Versuch ist infolge der Schwerlöslichkeit dieses Salzes in absolutem Alkohol bedeutungslos.

[2]) J. pr. Ch. [2] 35, 352; Ber. d. deutsch. ch. Ges. 27, 2126.

[3]) Ber. d. deutsch. ch. Ges. 27, 2053; LIEBIGS Ann. 294, 253.

$$\begin{array}{l} C_6H_5 . CH - CH_2 - CO . NC_5H_{10} \\ \quad\;\; | \\ \quad\;\; CH(COOH)_2 \end{array},$$

welche durch Kohlensäureabspaltung in die Monocarbonsäure

$$\begin{array}{l} C_6H_5 . CH - CH_2 - CONC_5H_{10} \\ \quad\;\; | \\ \quad\;\; CH_2 - COOH \end{array}$$

übergeht. Diese zerfällt schliesslich beim Kochen mit Salzsäure in Phenylglutarsäure und Piperidin:

$$\begin{array}{l} C_6H_5 . CH - CH_2 - COOH \\ \quad\;\; | \\ \quad\;\; CH_2 - COOH \end{array} ;\ NH . C_5H_{10}.$$

Beim Piperid wurden diese Zwischenprodukte mit Ausnahme des Esters rein dargestellt. Beim Zimmtsäurediphenylamid war dies nicht möglich, da der zuerst entstehende Ester schon beim Verseifen mit kalter Kalilauge das Diphenylamin verliert.

Das Zimmtsäureamid und Anilid erleiden bei der Anlagerung von Malonsäureester eine innere Kondensation, wahrscheinlich in folgender Weise:

$$\begin{array}{l} C_6H_5 . CH = CH - CONH_2 \\ \quad\;\; + \\ \quad\;\; CH_2(COOC_2H_5)_2 \end{array} = C_6H_5 . CH \begin{array}{l} \diagup CH_2 - CO \diagdown \\ \diagdown CH - CO \diagup \\ \quad\;\; | \\ \quad\;\; COOC_2H_5 \end{array} NH + C_2H_5OH$$

und

$$\begin{array}{l} C_6H_5 . CH = CH - CONHC_6H_5 \\ \quad\;\; + \\ \quad\;\; CH_2(COOC_2H_5)_2 \end{array} = C_6H_5 . CH \begin{array}{l} \diagup CH_2 - CO \diagdown \\ \diagdown CH - CO \diagup \\ \quad\;\; | \\ \quad\;\; COOC_2H_5 \end{array} NC_6H_5 + C_2H_5OH.$$

Aus dem Anilester geht unter dem Einfluss kalter alkoholischer Kalilauge Phenylglutaranildicarbonsäure und nach der Kohlensäureabspaltung Phenylglutaranilsäure

$$C_6H_5 . CH \begin{array}{l} \diagup CH_2 - CONHC_6H_5 \\ \diagdown CH_2 - COOH \end{array}$$

hervor, welche auch aus Phenylglutarsäureanhydrid und Anilin gewonnen wird:

$$C_6H_5 . CH \begin{array}{l} \diagup CH_2 - CO \diagdown \\ \diagdown CH_2 - CO \diagup \end{array} O + H_2N . C_6H_5 = C_6H_5 . CH \begin{array}{l} \diagup CH_2 - CO . NHC_6H_5 \\ \diagdown CH_2 - COOH \end{array}.$$

Leider fehlt eine exakte Methode der Ausbeutebestimmung; wir mussten uns daher bei der vergleichenden Untersuchung mit Wägungen der unverändert gebliebenen Säureamide, welche nach der Verseifung mit kalter alkoholischer Kalilauge zu gewinnen sind, und der Zimmtsäure begnügen.

Dieses Verfahren muss als fehlerhaft gelten, und die erhaltenen Zahlen werden meist innerhalb einiger Prozente zu niedrig sein. Sie geben aber immerhin ein Bild vom Verlauf der Reaktion.[1])

In der folgenden Tabelle sind die Resultate der gleichartigen Versuche zusammengestellt. Die Zahlen geben in Prozenten die Menge der angewandten Substanzen an, welche nach sechsstündiger Dauer der Reaktion unter den von uns gewählten Versuchsbedingungen unverändert bleiben:

Zimmtsäure-Aethylester	6
-Methylamid	43
-Aethylamid	44
-Dimethylamid	29
-Diäthylamid	46
-Piperid	28
-Diphenylamid	32

Hieraus darf man folgern, dass der Säureester den Amiden an Reaktionsfähigkeit bedeutend überlegen ist. Der basische Einfluss des Ammoniakrestes macht sich jedoch hierin nicht bemerkbar, denn grosse Unterschiede im Verhalten der Zimmtsäureamide gegen Malonsäureester bestehen nicht: Zimmtsäurepiperid nimmt den Ester kaum in geringerem Masse auf als Zimmtsäurediphenylamid, trotz des sehr grossen Unterschieds in der Stärke der Basen Piperidin und Diphenylamin.

Basische Reste in Nachbarstellung zum Carbonyl sind nicht im Stande, den sogenannten negativen Einfluss des Carbonyls der Stärke der Basen entsprechend abzuschwächen oder ganz aufzuheben.

Ein Unterschied zwischen tertiären und sekundären Amiden, von denen nur die letzteren in der tautomeren Form, z. B.

---

[1]) In einer anderen Reihe von Versuchen betreffend die Reaktionsfähigkeit des Halogens in Halogenessigestern und Halogenacetamiden sollen die Bestimmungen genauer ausgeführt werden.

$$C_6H_5 . CH = CH - C \begin{matrix} \diagup OH \\ \diagdown NCH_3 \end{matrix}$$

reagieren könnten, besteht nicht. —

Die weiteren Versuche in derselben Richtung sind über das Anfangsstadium nicht hinausgekommen.

Ein Vergleich von Malonsäuremethylanilid

$$CH_2 \begin{matrix} \diagup CO - N(CH_3)C_6H_5 \\ \diagdown CO - N(CH_3)C_6H_5 \end{matrix}$$

und Malonsäurepiperid

$$CH_2 \begin{matrix} \diagup CO - NC_5H_{10} \\ \diagdown CO - NC_5H_{10} \end{matrix}$$

scheiterte einstweilen an der Schwierigkeit, das Piperid rein darzustellen.

Das Verhalten von ω-Bromacetophenon gegen Piperidin wurde studiert, um die Bekanntschaft eines Aminoketons, des Piperidoacetophenons $C_6H_5 . CO . CH_2 . NC_5H_{10}$ zu machen.

Synthesen mit solchen stickstoffhaltigen Substanzen,[1]) besonders mit dem Malonsäuremethylanilid,[2]) führen gleichfalls zu dem Resultat, dass die Reaktionsfähigkeit der mit Carbonyl benachbarten Gruppen, trotz der Anwesenheit basischer Reste, nicht verloren geht.

---

[1]) Vgl. die Darstellung von Indoxylsäureestern, VORLÄNDER u. VON SCHILLING, LIEBIGS Ann. 301, 349.

[2]) VORLÄNDER und HERRMANN, Ber. d. deutsch. chem. Ges. 31, 1826.

ÜBER DAS VERHALTEN UNGESÄTTIGTER VERBINDUNGEN GEGEN MALONSÄUREESTER.

VON

P. HERRMANN UND D. VORLÄNDER.

Die ungesättigten Verbindungen, welche auf ihr Verhalten gegen Malonester geprüft wurden, können als Derivate des Phenyläthylens betrachtet werden, welche den Rest

$$C_6H_5-CH=CH-$$

enthalten. Sie zerfallen in zwei Hauptgruppen, in carbonylfreie und in carbonylhaltige Verbindungen; die letzteren sind Zimmtsäurederivate.

In der vorliegenden Untersuchung wird nachgewiesen:

1. dass die carbonylfreien Verbindungen im Gegensatz zu den carbonylhaltigen kaum mit Natriummalonsäureester reagieren;

2. dass Malonester sich an Zimmtsäureamide in ähnlicher Weise anlagert, wie an Zimmtsäureester;

3. dass zwischen Zimmtsäurediphenylamid und Zimmtsäurepiperid kein bedeutender Unterschied in der Aufnahmefähigkeit für Malonester besteht, obgleich Diphenylamin im Vergleich mit Piperidin eine äusserst schwache Base ist.[1])

Die Versuche wurden in folgender Weise ausgeführt:

Man löst 1 Atom Natrium in der 20-fachen Menge absoluten Alkohols und giebt zu der abgekühlten Lösung ein Molekül Malonsäureäthylester, hierzu fügt man ein Molekül der ungesättigten Verbindung und kocht die Mischung 6 Stunden am Rückflusskühler im Wasserbad. Die so erhaltene Flüssigkeit, soll kurz „Reagenslösung“ heissen.

---

[1]) Vgl. hierzu die vorhergehende Abhandlung „über den Einfluss des Carbonyls auf benachbarte Gruppen.“

Die weitere Aufarbeitung der Reaktionsprodukte musste eine verschiedene sein, je nach der Natur der ungesättigten Verbindungen. In den Fällen, wo es auf den Vergleich ankam, wie bei einigen Zimmtsäurederivaten, ist auch das Verfahren bei der Verseifung und Gewinnung unveränderter Substanzen das gleiche gewesen.

Carbonylfreie ungesättigte Verbindungen.

Styrol.

$C_6H_5-CH=CH_2$

Die Mischung von Styrol (3,5 g) und Natriummalonsäureester erwärmt sich nicht. Während des Kochens scheiden sich Flocken von Metastyrol ab. Beim Abdestillieren der Hälfte des Alkohols geht ein Teil des unveränderten Styrols über. Der zurückbleibenden, mit Wasser und verdünnter Schwefelsäure versetzten Flüssigkeit entzieht Aether ein Gemenge von Malonsäureester und Styrol.

Stilben.

$C_6H_5-CH=CH-C_6H_5$.

Der Kohlenwasserstoff krystallisiert unverändert beim Erkalten der heissen Mischung aus. Angewandt 2,5 g, wiedergewonnen 2,4 g.

Phenylnitroäthylen.

$C_6H_5-CH=CH-NO_2$.

Nach dem Vermischen einer alkoholischen Lösung von Phenylnitroäthylen mit dem Natriummalonsäureester entsteht alsbald ein weisser Niederschlag, welcher aus dem Natriumsalz des polymeren Phenylnitroäthylens[1]) besteht. Er wurde mit verdünnter Schwefelsäure verrieben, und man erhielt einen amorphen Körper, welcher nach vorhergehender Bräunung und Zersetzung gegen 280° schmilzt.

	Berechnet für: $(C_8H_7NO_2)_x$	Gefunden:
C.	64,43	64,22
H.	4,70	5,39
N.	9,40	9,88

Das Phenylnitroäthylen wird auch durch eine alkoholische Lösung von Natriumäthylat unter Wärmeentwicklung rasch polymerisiert.

---

[1]) Vgl. Nitrometastyrol, BLYTH, HOFMANN, LIEBIGS Ann. 53, 297.

Benzalchinaldin.[1])

$C_6H_5 - CH = CH - C_9H_6N.$

Aus der mit dem 1½ fachen Volumen Wasser vermischten „Reagenslösung“ scheidet sich unverändertes Benzalchinaldin aus, anfangs ölig, dann erstarrend. Das Benzalchinaldin ist in Gestalt des schwer löslichen gelben Chlorhydrats leicht zu isolieren und wurde zur Identificierung in das bei 173° schmelzende Dibromid verwandelt. Bei einem Versuche konnten 21,0 g von 23,2 g angewandter Substanz, wiedergewonnen werden, bei einem andern 17,5 g von 18,0 g. Bei dem zweiten Versuch kam an Stelle der alkoholischen Lösung eine Suspension von Natriummalonsäureester in absolutem Aether zur Anwendung.

Zimmtaldehydphenylhydrazon.

$C_6H_5 - CH = CH - CH = N - NHC_6H_5.$

Weder die zwischen den zwei Kohlenstoffatomen gelegene, noch die mit Stickstoff in Berührung stehende Doppelbindung nimmt den Malonester auf. Angewandt 11,0 g Hydrazon, wiedergewonnen 10,7 g.

Benzalacetonphenylhydrazon.

$$\begin{array}{l} C_6H_5 - CH = CH - \underset{\displaystyle \underset{\displaystyle N - NHC_6H_5}{\|}}{C} - CH_3 \end{array}$$

Das Benzalaceton reagiert bekanntlich ausserordentlich leicht mit Natriummalonester. Beim Hydrazon des Ketons ist dies nicht mehr der Fall. Angewandt 8,0 g, wiedergewonnen 7,3 g.

Carbonylhaltige ungesättigte Verbindungen.

Bei den folgenden Reaktionen handelt es sich um Derivate der Zimmtsäure, hauptsächlich Ester und Amide. Vor der Aufzählung der einzelnen Versuche muss beschrieben werden, in welcher Weise die „Reagenslösung“ weiter verarbeitet wurde, um die Mengen der unverändert gebliebenen ungesättigten Verbindungen zu bestimmen. Die Mischung kann nach der Reaktion die folgenden Verbindungen enthalten:

---

[1]) WALLACH und WÜSTEN, Ber. d. deutsch. ch. Ges. 16, 2008.

als unverändertes Ausgangsmaterial:

Zimmtsäureester oder -amide, Malonsäureester.

als Reaktionsprodukte:

den Ester der Phenylglutarcarbonsäure, einer Tricarbonsäure,

$$C_6H_5-CH\begin{cases}CH\begin{cases}COOC_2H_5\\COOC_2H_5\end{cases}\\CH_2-COOC_2H_5\end{cases}$$

oder ein Amid derselben

$$C_6H_5-CH\begin{cases}CH\begin{cases}COOC_2H_5\\COOC_2H_5\end{cases}\\CH_2-CO-NR_2\end{cases}$$

Die Ester sind in allen Fällen ölig oder niedrig schmelzend, die Isolierung derselben unterblieb. Die Verseifung wurde bei Zimmertemperatur bewirkt, da in der Wärme oft weitergehende Zersetzungen eintreten. Man versetzt die „Reagenslösung" mit einer konzentrierten wässrigen Lösung eines grossen Ueberschusses von Kalihydrat, etwa dem vierfachen der für Malonester berechneten Menge. Falls der alkoholische und der wässrige Teil sich nicht völlig mischen, fügt man je nach Bedarf Alkohol oder Wasser hinzu, bis eine homogene Flüssigkeit entsteht, welche im verschlossenen Kolbenm indestens zwei Wochen stehen bleibt. Nach Verlauf dieser Zeit wird der Alkohol durch Abdunsten in flachen Schalen vollständig entfernt, wobei unveränderte, in kaltem Wasser wenig lösliche Amide sich krystallinisch abscheiden, zumal nach dem Verdünnen mit Wasser. Die Amide werden abfiltriert, mit kaltem Wasser gewaschen, getrocknet und gewogen.

Das alkalische Filtrat enthält die durch Verseifung des Amids entstandene Zimmtsäure und die Phenylglutarcarbonsäure:

$$C_6H_5-CH\begin{cases}CH\begin{cases}COOH\\COOH\end{cases}\\CH_2-COOH\end{cases}$$

bezw. eine Amiddicarbonsäure:

$$C_6H_5-CH\begin{cases}CH\begin{cases}COOH\\COOH\end{cases}\\CH_2-CO-NR_2\end{cases}$$

Für die Trennung der Zimmtsäure von der Phenylglutarcarbonsäure ist von Bedeutung, dass die letztere Säure (ein Derivat der Malonsäure) in Wasser leicht löslich ist. Setzt man daher verdünnte Mineralsäuren bis zur Reaktion auf Methylorange zur alkalischen Flüssigkeit, so wird die Zimmtsäure gefällt und kommt so zur Wägung. Die Phenylglutarcarbonsäure entzieht man der mineralsauren Flüssigkeit mit Aether.

Die Amidcarbonsäuren sind mit einigen Ausnahmen in überschüssiger verdünnter Salzsäure löslich und dadurch von der Zimmtsäure zu trennen.

Abänderungen von diesem Gange sind erforderlich, wenn es gilt das Endprodukt, die Phenylglutarsäure, direkt zu gewinnen unter Umgehung der Glutaramidcarbonsäuren. Um dies zu erreichen, dampft man die mineralsaure Flüssigkeit auf dem Wasserbad zur Trockne ein und kocht den Rückstand 25—30 Stunden mit Salzsäure (Siedepunkt 110°) unter Rückfluss. Nach dem Filtrieren von etwas Harz krystallisiert aus der erkalteten und wenn nötig eingeengten Flüssigkeit Phenylglutarsäure.[1]) Die Gegenwart derselben beweist, dass eine Anlagerung eingetreten ist. Die Menge der so erhaltenen Säure bleibt natürlicherweise für die Beurteilung des quantitativen Reaktionsverlaufes unberücksichtigt.

Da es bei solchen Versuchen häufig notwendig war, Zimmtsäure und Phenylglutarsäure von einander zu unterscheiden, so mag zur Charakteristik derselben eine Zusammenstellung der wichtigsten Eigenschaften dienen:

		β-Phenylglutarsäure	Zimmtsäure
Schmelzpunkt		138°	133°
Aequiv. Gew.		104	148
Gehalt an	Kohlenstoff	63,46	72,97
	Wasserstoff	5,77	5,41
Kalte alkalische Permanganatlösung wird		nicht reduziert	momentan reduziert
Schmelzpt. des Methylesters:		86—87°	35°

[1]) Ist Zimmtsäure und Phenylglutarsäure zugegen, so krystallisiert die Zimmtsäure zuerst aus, dann folgt die Glutarsäure. Diese kann zuletzt der salzsauren Flüssigkeit auch mit Aether entzogen werden.

Zur vorläufigen Orientierung erwies sich das Verhalten gegen Permanganat und der Schmelzpunkt des Methylesters als sehr geeignet; zur sicheren Identifizierung diente die Bestimmung des Aequivalentgewichts und des Gehalts an Kohlenstoff und Wasserstoff.

Zimmtsäureäthylester und Malonsäureester.

Die Reagenslösung war aus 143,0 g Zimmtsäureäthylester, 128,0 g Malonsäureäthylester und 18,4 g Natrium bereitet worden und ergab nach 10-stündigem Kochen mit Natronlauge, dem doppelten der berechneten Menge, 9,0 g Zimmtsäure (d. i. 6 pCt. der angewandten Zimmtsäure). Durch Extraktion der mineralsauren Flüssigkeit mit Aether und durch Erhitzen des im Aether gelösten Oeles auf 150° bis zur Beendigung der Kohlensäureabspaltung wurden 143 g nahezu reine Phenylglutarsäure gewonnen.

Um die Säure darzustellen, kann man auch statt der aequivalenten Menge Natrium nur $^1/_{10}$ derselben anwenden. Die Anlagerung vollzieht sich dann ebenso glatt, und die Menge der wiedergewonnenen Zimmtsäure wird geringer.

β-Phenylglutarsäure.

$$C_6H_5-CH<\begin{matrix}CH_2-COOH\\CH_2-COOH\end{matrix}$$

Die Säure ist bereits von Michael kurz beschrieben worden.[1]) Sie lässt sich durch Umkrystallisieren aus kochendem Wasser oder aus Benzol, dem etwas Essigäther zugesetzt ist, oder durch Auskochen mit wenig Benzol, worin sie schwer löslich ist, reinigen. Man erhält sie so in rein weissen prismatischen Tafeln. Sie schmilzt bei 138° und wird in reinem Zustande durch alkalische Permanganatlösung erst nach längerem Stehen oxydiert.

Ammonium-Salz.

Man erhält dasselbe, wenn man eine konzentrierte absolut-alkoholische Lösung der Säure in überschüssiges absolut alkoholisches Ammoniak giesst; aus der Mischung krystallisieren allmählich kleine

---

[1]) J. pr. Chem. (2) 35, 352; Avery u. Bouton, Amer. chem. J. 20, 509.

weisse, unregelmässig sechseckige Blättchen. Solange Spuren von Alkohol anhaften, ist das Salz an der Luft sehr zerfliesslich, sonst aber luftbeständig; es lässt sich aus Benzol umkrystallisieren. Beim Trocknen im Exsiccator verliert das Salz einen Teil des Ammoniaks, sodass die Analysen zu niedrig ausfielen (gefunden 13 pCt. NH_3; berechnet 14).

Methylester.

$$C_6H_5-CH\begin{cases}CH_2-COOCH_3\\CH_2-COOCH_3\end{cases}$$

5 g Phenylglutarsäure werden in 30 ccm Methylalkohol gelöst, 3 ccm konzentrierte reine Schwefelsäure zugegeben, und die Mischung 5 Stunden im Wasserbade gekocht. Die erkaltete Flüssigkeit wird auf Krystallsoda gegossen, wobei sich der Methylester krystallinisch abscheidet. Man erhält ihn so in fast theoretischer Ausbeute; er krystallisiert aus Methylalkohol und wenig Wasser in feinen weissen Nadeln oder Prismen. Schmelzpunkt 86—87°.

Berechnet für: $C_{13}H_{16}O_4$	Gefunden:
C 66.10	65,45
H 6,78	6,83

Anhydrid.

$$C_6H_5-CH\begin{cases}CH_2-CO\\CH_2-CO\end{cases}O$$

Man kocht Phenylglutarsäure 5—6 Stunden mit etwa der fünffachen Menge Essigsäure-Anhydrid und destilliert dann die Essigsäure und das Essigsäure-Anhydrid bis 140° ab. Das zurückbleibende Anhydrid der Phenylglutarsäure erstarrt und wird durch Destillation im Vacuum oder durch Umkrystallisieren aus Benzol gereinigt. Es siedet unter 15 mm Druck bei 217—219° und erstarrt in der Vorlage sofort zu einer fast weissen Krystallmasse. Schmelzpunkt nach dem Umkrystallisieren aus Benzol 105°.

Berechnet für: $C_{11}H_{10}O_3$	Gefunden:
C 69,47	69,02
H 5,26	5,63

0,1694 g Anhydrid wurden mit 52,0 ccm Natronlauge vom Faktor 0,065 unter Zusatz von etwas Alkohol 5 Stunden am Rückflusskühler gekocht,

die entstandene Lösung verbrauchte zu ihrer Neutralisation 22,6 ccm Salpetersäure vom Faktor 0,066.

Aequivalentgewicht:

Berechnet für: $C_{11}H_{10}O_3$	Gefunden:
95	90

Das Anhydrid ist leicht löslich in Chloroform, reichlich in Schwefelkohlenstoff und siedendem Benzol. Es wird von Ammoniak, Sodalösung und Natronlauge in der Kälte kaum aufgenommen.

Imid.

$$C_6H_5-CH\begin{matrix} \diagup CH_2-CO \diagdown \\ \diagdown CH_2-CO \diagup \end{matrix}NH$$

Phenylglutarsäure wird in einer kleinen tubulierten Retorte geschmolzen, wobei sie unter Wasserabspaltung in Anhydrid überzugehen beginnt. In die geschmolzene Masse leitet man unter stärkerem Erhitzen trockenes Ammoniakgas ein, bis das Ammoniak nicht mehr absorbiert wird, und kein Wasser mehr überdestilliert. Der Inhalt der Retorte erstarrt bald und besteht aus dem Imid der Phenylglutarsäure. Dieses krystallisiert aus Weingeist, aus Benzol in mikroskopischen Blättchen, aus heissem Wasser in weissen Flocken, bei langsameren Erkalten in kleinen zugespitzten Blättchen, und schmilzt bei 173—174°. Es reagiert neutral und ist unlöslich in Sodalösung, in Ammoniak und verd. Salzsäure, löslich dagegen in kalter Natronlauge.

	Berechnet für: $C_{11}H_{11}O_2N$	Gefunden:
C	69,84	69,84
H	5,82	6,40
N	7,41	7,60

Phenylglutaranilsäure.

$$C_6H_5-CH\begin{matrix} \diagup CH_2-CO-NHC_6H_5 \\ \diagdown CH_2-COOH \end{matrix}$$

Bringt man Anilin zu einer Lösung des Anhydrids in Benzol, so wird unter Erwärmen eine ölige Abscheidung bemerkbar, welche sich bald an den Wänden des Gefässes krystallinisch absetzt. Die entstandene Anilsäure ist löslich in Natriumcarbonat und krystallisiert aus

Alkohol und etwas Wasser in feinen, rein weissen Nadeln; Schmelzpunkt 171°.

Berechnet für: $C_{17}H_{17}O_2N$		Gefunden
C	72,07	72,04
H	6,01	6,42
N	4,95	5,04

Aequivalentgewicht gefunden: 275.
Berechnet: 282.

Zimmtsäureamide und Malonester.

Die Zimmtsäureamide entstehen in guter Ausbeute, wenn man die entsprechenden Amine mit Zimmtsäurechlorid zusammenbringt. Bei der Darstellung des Diphenylamids werden beide Komponenten in fester Form verwandt, sonst wird 1 Molekül fein zerriebenes Chlorid zu 2 Molekülen der Base (oder zu einem Molekül Base und einem Molekül Natriumhydroxyd), welche in Wasser gelöst sind, allmählich unter Kühlung und kräftigem Umschütteln zugesetzt. Das Reaktionsprodukt scheidet sich in fester Form aus und ist nach dem Auswaschen und Trocknen oft genügend rein für die Versuche.

Die Ammoniakabkömmlinge der Zimmtsäure reagieren zwar nicht alkalisch, sie zeigen aber mit Ausnahme des Anilids und Diphenylamids noch basische Eigenschaften und lösen sich in verd. Salzsäure auf.

Zimmtsäureamid.

Das Amid schmilzt bei 145°. Bei der Reaktion mit Natriummalonester tritt anfangs Lösung ein, aber schon nach etwa einhalbstündigem Kochen scheidet sich ein dicker Krystallbrei ab, welcher aus dem Natriumsalz der Verbindung $C_{14}H_{15}O_4N$ besteht. Nach Zerlegung des mit warmem Wasser verriebenen Salzes (13,9 g aus 14,5 Amid) mit Essigsäure oder Kohlensäure krystallisiert die Verbindung aus kochendem Wasser in kleinen Nadeln und schmilzt bei 119°. Sie ist in Natronlauge, Ammoniak und überschüssiger Sodalösung löslich, wird durch verd. Salzsäure aus der alkalischen Lösung gefällt und vom Ueberschuss der Säure wieder gelöst; aus der salzsauren Lösung scheidet sie sich beim Stehen krystallinisch aus. Den

Analysen zufolge ist die Verbindung aus Zimmtsäureamid und Malonester unter Austritt von Alkohol entstanden:

$$C_6H_5-CH\begin{matrix}\diagup CH_2-CO \diagdown \\ \diagdown \underset{\displaystyle COOC_2H_5}{\underset{|}{CH}}-CO \diagup\end{matrix}NH$$

Berechnet für: $C_{14}H_{15}O_4N$		Gefunden:	
C	64,37	64,13	64,30
H	5,75	6,03	5,94
N	5,36	5,53	—

Durch Spaltung mit kochender Salzsäure geht die Substanz in Phenylglutarsäure über, welche zur Identifizierung titriert und in den bei 87° schmelzenden Dimethylester verwandelt wurde.

Aequivalentgewicht gefunden: 103.
Berechnet für $C_{11}H_{12}O_4$: 104.

Das alkoholische Filtrat des bei der Reaktion ausgefallenen Natriumsalzes enthielt neben Malonester 5,5 g unverändertes Zimmtsäureamid.

Zimmtsäuremethylamid.

Das Monomethylamid krystallisiert aus siedendem Wasser und ist leicht löslich in heissem Benzol und Alkohol; Schmpt. 110—111°.

Berechnet für: $C_{10}H_{11}NO$		Gefunden:
N	8,70	8,91

Bei der Einwirkung von Malonsäureester blieben von 6,0 g angewandter Substanz 2,6 g unverändert, d. i. 43 pCt.

Das Reaktionsprodukt wurde nicht isoliert, sondern sogleich mit Salzsäure verseift. Erhalten 2,5 g Phenylglutarsäure.

Aequivalentgewicht gefunden: 105.
Berechnet für $C_{11}H_{12}O_4$: 104.

Zimmtsäuredimethylamid.

Das Dimethylamid scheidet sich aus einer heissgesättigten wässerigen Lösung beim Erkalten in feinen Nädelchen oder irisierenden Blättchen aus. Schmpt. 96°.

Berechnet für: $C_{11}H_{13}ON$		Gefunden:
C	75,44	75,32
H	7,43	7,57
N	8,00	8,21

Aus der Reagenslösung wurden nach der Verseifung mit Kalilauge von 8,8 g Dimethylamid 1,5 g unverändert wieder gewonnen und 0,9 g in Form von Zimmtsäure, d. i. zusammen 29 pCt. der angewandten Substanz.

Aequivalentgewicht der Zimmtsäure gefunden: 147.
Berechnet 148.

Nach der Spaltung mit Salzsäure erhielten wir 4,6 g Phenylglutarsäure.

Aequivalentgewicht gefunden: 100.
Berechnet für $C_{11}H_{12}O_4$: 104.

Zimmtsäureäthylamid.

Das Monoäthylamid schmilzt nach dem Umkrystallisieren aus Wasser bei 92—93°.

Berechnet für: $C_{11}H_{13}NO$		Gefunden:
C	75,44	75,08
H	7,43	8,15
N	8,00	8,06

Nach der Behandlung der Reagenslösung mit kalter Kalilauge erwiesen sich von 17,0 g Aethylamid 7,5 g als unverändert, d. i. 44 pCt. Die durch Spaltung mit Salzsäure erhaltene Phenylglutarsäure wurde analysiert.

Berechnet für: $C_{11}H_{12}O_4$		Gefunden:
C	63,46	63,46
H	5,77	6,00

Aequivalentgewicht gefunden: 103.
Berechnet: 104.

Zimmtsäurediäthylamid.

Das Diäthylamid ist in Benzol und Weingeist ungemein leicht löslich. Am besten krystallisiert man die Substanz aus kochendem

Wasser und etwas Alkohol um, indem man den überschüssigen Alkohol wegkocht, bis sich die Lösung zu trüben beginnt. Beim Erkalten scheiden sich weisse Nadeln und Prismen aus. Schmpt. 66°.

Berechnet für: $C_{13}H_{17}ON$		Gefunden:	
C	76,85	77,00	—
H	8,37	8,59	—
N	6,89	6,95	6,84

Mit einem Molekül Brom vereinigt sich das in Chloroform gelöste Diäthylamid leicht. Das Diäthylamid der Phenyldibrompropionsäure krystallisiert aus wässrigem Alkohol in schönen weissen Prismen. Schmpt. 127°.

Berechnet für: $C_{13}H_{17}ONBr_2$		Gefunden:	
C	42,97	42,18	—
H	4,68	5,07	—
N	3,86	4,08	4,17
Br.	44,08	44,29	—

Bei der Anlagerung von Malonester wurden von 10,0 g Diäthylamid 4,6 g d. i. 46 pCt. wiedergewonnen. Auf Zusatz von verdünnter Salzsäure zu der alkalischen Verseifungsflüssigkeit bildete sich eine zuerst ölige, dann krystallinische Fällung von Phenylglutardiäthylamidcarbonsäure (7 g), die bei etwa 145° unter lebhafter Kohlensäureentwicklung schmilzt. Durch Spaltung derselben mit Salzsäure entsteht Phenylglutarsäure.

Berechnet für: $C_{11}H_{12}O_4$		Gefunden:
C	63,46	63,13
H	5,77	5,85
Aequivalentgewicht	104	106.

Zimmtsäurepiperid.

HERSTEIN[1]) stellte das Piperid durch Verreiben von 1 Molekül Zimmtsäureanhydrid mit 2 Molekülen Piperidin dar. Wir erhielten es durch Vermischen des in Benzol gelösten Zimmtsäurechlorids mit einer Lösung von Piperidin in Benzol. Die Verbindung wird aus wässrigem Methylalkohol umkrystallisiert und zeigt dann den Schmelzpunkt 122°.

1) Ber. d. d. ch. Ges. 22, 2265.

Berechnet für: $C_{14}H_{17}ON$		Gefunden:
N	6,51	6,78

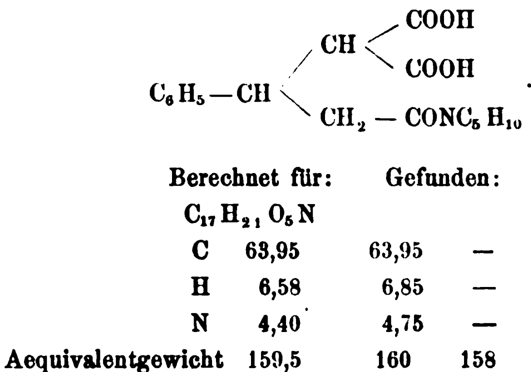
Aus dem Piperid und Brom entsteht das aus Weingeist in langen Nadeln krystallisierende Piperid der Phenyldibrompropionsäure Schmpt. 189° unter Zersetzung.

Berechnet für: $C_{14}H_{17}ONBr_2$		Gefunden:
C	44,80	44,62
H	4,53	4,86
N	3,73	3,82
Br	42,67	42,51

Versuche mit Malonsäureester:

1. Von 21,0 g Zimmtsäurepiperid wurden aus der Reagenslösung nach der Verseifung mit kalter Kalilauge 6,0 g unverändert wiedergewonnen, d. i. 28,5 pCt

2. von 10,0 g angewandter Substanz 2,7 g d. i. 27 pCt. Aus der alkalischen, vom unveränderten Piperid filtrierten Lösung fällt Salzsäure oder Schwefelsäure die Phenylglutarpiperidcarbonsäure aus:



Berechnet für: $C_{17}H_{21}O_5N$		Gefunden:	
C	63,95	63,95	—
H	6,58	6,85	—
N	4,40	4,75	—
Aequivalentgewicht	159,5	160	158

Die Säure krystallisiert aus kochendem Essigäther oder Wasser in weissen Prismen. Aus einer alkalischen Lösung wird sie durch verdünnte Salzsäure zunächst gefällt, dann durch einen Ueberschuss der Mineralsäure leicht gelöst und schliesslich beim Schütteln der sauren Lösung wieder krystallinisch ausgeschieden. Sie ist leicht löslich in Alkohol, wenig löslich in Benzol, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, und schmilzt bei 146° unter Kohlensäureabspaltung. Nach Be-

endigung der Gasentwicklung bleibt ein Oel, welches nach einiger Zeit erstarrt. Die so entstehende Säure

$$C_6H_5-CH\begin{cases}CH_2-COOH\\CH_2-CONC_5H_{10}\end{cases}$$

krystallisiert aus Wasser mit wenig Alkohol in weissen Blättchen. Schmpt. 120°.

Aequivalentgewicht gefunden: 262.
Berechnet für $C_{16}H_{21}O_3N$: 275.

Durch Kochen mit Salzsäure erhält man Phenylglutarsäure.

Aequivalentgewicht gefunden: 106.
Berechnet: 104.

Zimmtsäurediphenylamid.

Das Diphenylamid[1]) stellten wir folgendermassen dar: 21,0 g Zimmtsäurechlorid und 42,3 g Diphenylamin, die durch Verreiben gemischt sind, werden in einer Porzellanschale auf dem Wasserbade zusammengeschmolzen, wobei die Reaktion erfolgt. Die Schmelze wird mit kalter konzentrierter Natronlauge verrieben, der Brei mit Wasser verdünnt und zur Entfernung des Diphenylamins mit Aether geschüttelt; der ungelöste Rückstand (31 g) ist ziemlich reines Zimmtsäurediphenylamid. Der ätherische Auszug enthält nach dem Entfernen des Diphenylamins durch Einleiten von Chlorwasserstoff nur noch wenig des Körpers. Nach dem Umkrystallisieren aus Weingeist ist sein Schmpt. 154°.

Bei dem Versuch mit Malonsäureester ist besonderer Wert daraut gelegt worden, dieselben Materialien, wie absoluten Alkohol, Malonester etc. zu verwenden und unter denselben Bedingungen zu arbeiten, wie beim Zimmtsäurepiperid. Durch Verseifung mit Kalilauge gewinnt man zunächst die Gesamtmenge des im angewandten Zimmtsäurediphenylamid (21,0 g) enthaltenen Diphenylamins (11,5 g statt der berechneten 11,8 g). Aus der alkalischen Flüssigkeit fällt verdünnte Schwefelsäure 3,3 g Zimmtsäure, d. i. 32 pCt.

Das Filtrat von der Zimmtsäure wurde mit Aether ausgeschüttelt. Dieser hinterliess 5,5 g der syrupösen Phenylglutarcarbonsäure, die sich leicht in Alkohol, Benzol und warmem Wasser löst. Die

[1]) Vgl. BERNTHSEN, Ber. d. d. chem. Ges. 20, 1554.

alkoholische Lösung wird durch Wasser nicht gefällt, und die Säure bleibt beim langsamen Verdunsten des Lösungsmittels ölig zurück. Sie verliert beim Erhitzen über 120° Kohlensäure, und der Rückstand besteht aus Phenylglutarsäure.

Aequivalentgewicht gefunden:	106.
Berechnet:	104.

Zimmtsäureanilid.

Die Anlagerung von Malonester an Zimmtanilid geht nicht in so einfacher Weise vor sich, wie bei den oben beschriebenen Zimmtsäurederivaten. Die Reagenslösung enthält ausser der Mischung von unverändertem Ausgangsmaterial und Reaktionsprodukt einige andere Körper, welche weiterhin teils durch Verseifung, teils durch Kondensation aus dem primären Reaktionsprodukt

$$C_6H_5-CH\begin{cases} CH\begin{cases} COOC_2H_5 \\ COOC_2H_5 \end{cases} \\ CH_2-CONHC_6H_5 \end{cases}$$

hervorgegangen sind.

Während des Kochens der Reagenslösung scheidet sich ein weisser Niederschlag (A) aus, und dieser wird zunächst vom alkoholischen Filtrat (B) getrennt.

A. Der Niederschlag, dessen Gewicht bei einem Versuch 110 pCt. bei einem zweiten 130 pCt. vom angewandten Zimmtanilid betrug, besteht aus dem Phenylglutaranilester $C_{20}H_{19}O_4N$ (I)

$$C_6H_5-CH\begin{cases} \overset{COOC_2H_5}{\overset{|}{CH}}-CO \\ CH_2-CO \end{cases}N.C_6H_5$$

und dem Natriumsalz einer Säure (II), welche im reinen Zustand nicht darzustellen war. Sie ist vermutlich durch teilweise Verseifung entstanden:

$$C_6H_5-CH\begin{cases} CH\begin{cases} COOC_2H_5 \\ COOH \end{cases} \\ CH-CONHC_6H_5 \end{cases}$$

Der Anilester bleibt beim Verreiben und Erwärmen des Niederschlags A mit Wasser unter Einleiten von Kohlendioxyd zurück (etwa

25 pCt. vom Gewicht des Niederschlags), das Natriumsalz der Säure geht in Lösung.

I. Der Anilester $C_{20}H_{19}O_4N$ krystallisiert aus kochendem Weingeist in weissen Nädelchen und schmilzt bei 166°, er ist in Sodalösung und Ammoniak unlöslich.

Berechnet für: $C_{20}H_{19}O_4N$	Gefunden:		
C 71,22	70,89	70,74	70,86
H 5,64	5,60	5,93	5,99
N 4,16	4,15	4,34	4,48

Die Natur des Körpers ergiebt sich aus der Spaltung mit kochender Salzsäure, wobei neben Anilin Phenylglutarsäure entsteht,

Aequiv. Gewicht gefunden: 103
berechnet: 104

und aus der Verseifung mit kalter alkoholischer Kalilauge. Aus der vom Alkohol befreiten Lauge fällt verdünnte Schwefelsäure eine anfangs ölige, dann erstarrende Säure aus, welche aus einem Gemisch von Alkohol und Wasser in Nädelchen krystallisierend zu erhalten ist. Man darf dieselbe wohl als die Anildicarbonsäure

$$C_5H_6-CH\begin{cases} CH\begin{cases}COOH\\COOH\end{cases} \\ CH_2-CO.NHC_6H_5.\end{cases}$$

betrachten; sie giebt beim Erhitzen Kohlensäure ab, und der Rückstand besteht aus der bereits beschriebenen Phenylglutaranilsäure. Schmelzpunkt 169°:

$$C_6H_5-CH\begin{cases}CH_2-COOH\\CH_2-CO.NHC_6H_5\end{cases}$$

Berechnet für: $C_{17}H_{17}O_3N$	Gefunden:
C 72,07	72,31
H 6,01	6,32
N 4,95	5,11

II. Aus der vom Phenylglutaranilester abfiltrierten Lösung des Natriumsalzes, welche schwach alkalisch reagiert, fällt verdünnte Schwefelsäure, die erwähnte Säure aus, in Form harziger, allmälich fester werdender Klumpen (etwa 60 pCt. vom Gewicht des Niederschlages A). Dieser Körper ist nur wenig gefärbt, aber es gelingt

nur schwierig, ihn aus Wasser und wenig Alkohol in krystallinischer Form zu erhalten: mikroskopische Nadeln, Schmelzpunkt um 85—90° unter Kohlensäureentwicklung.

Durch Spaltung mit kochender Salzsäure gingen aus 8,0 g neben Anilin 4,1 g Phenylglutarsäure hervor.

	Berechnet für: $C_{11}H_{12}O_4$	Gefunden:
C	63,46	63,01
H	5,77	6,01
Aequiv. Gew.	104	104

Durch Spaltung mit kalter alkoholischer Kalilauge wurde wie oben die Anildicarbonsäure erhalten (8 g aus 12 g Substanz), welche sich in heissem Wasser löst und beim Erkalten nach einiger Zeit in Büscheln und Sternen mikroskopischer Nadeln auskrystallisiert. Schmelzpunkt 153° unter Kohlensäureentwicklung.

	Berechnet für: $C_{17}H_{16}O_5N$	Gefunden:
N	4,28	4,30
Aequiv. Gew.	163,5	162

Schliesslich ergab die Anildicarbonsäure beim Erhitzen über den Schmelzpunkt Phenylglutaranilsäure.

	Berechnet für: $C_{17}H_{17}O_3N$	Gefunden:
C	72,07	71,96
H	6,01	6,27
N	4,95	5,15

B. Das alkoholische Filtrat vom Niederschlag A blieb mit überschüssiger Kalilauge 20 Tage stehen, und es wurde in der gewöhnlichen Weise das unveränderte Zimmtanilid (29 pCt. der angewandten Menge) abgeschieden. Aus der alkalischen Flüssigkeit fällt verdünnte Salzsäure eine Säure in Flocken aus, welche aus wässrigem Alkohol in kleinen weissen Prismen krystallisiert und bei 150—152° unter Kohlensäureentwicklung schmilzt. Wider Erwarten war dieser Körper kein Derivat der Phenylglutarsäure, sondern der Zimmtsäure, welche durch Spaltung vermittels Salzsäure mit allen ihren charakteristischen Eigenschaften gewonnen wurde.

Zimmtsäurenitril und Malonsäureester.

Es war zu erwarten, dass das Zimmtsäurenitril sich wie eine carbonylhaltige Substanz verhalten und mit Natriummalonester in Verbindung treten würde. Das dicke Oel, welches nach dem Abdampfen der alkoholischen Reagenslösung zurückbleibt, wurde mit rauchender Salzsäure etwa 24 Stunden im Rohr auf 100° erhitzt, um den Nitrilester

$$C_6H_5-CH<\begin{matrix}CH(COOC_2H_5)_2\\CH_2-CN\end{matrix}$$

zu verseifen. In der salzsauren Flüssigkeit befand sich neben wenig Zimmtsäure und Chlorammonium die gesuchte Phenylglutarsäure als Hauptreaktionsprodukt.

	Berechnet für: $C_{11}H_{12}O_4$	Gefunden:	
C	63,46	63,79	—
H	5,77	5,90	—
Aequiv. Gew.	104	103	103

DAS NERVENSYSTEM

DER ALS

NEMATHELMINTHEN

ZUSAMMENGEFASSTEN WURMTYPEN

VON

DR. G. BRANDES.

MIT ELF FIGUREN IM TEXTE.

Unter dem Namen Nemathelminthen figurieren in den Lehrbüchern sehr verschiedene Wurmtypen, die einen rechnen dazu Nematoden, Gordiaceen, Acanthocephalen, andere vervollständigen diese Reihe sogar noch durch die Chaetognathen.

Diese Summierung von verhältnismässig kleinen Gruppen zu einer einzigen mag ja in den meisten Fällen aus paedagogischen Rücksichten geschehen sein, es giebt aber manche Zoologen, die gelegentlich allen Ernstes für eine nähere Verwandtschaft der genannten Familien oder wenigstens einiger von ihnen eintreten.

Es schien mir daher nicht überflüssig, die Unhaltbarkeit einer solchen Ansicht an der Hand eines geeigneten Vergleichsmaterials gewissermassen ad oculos zu demonstrieren.

Bei dem Werte, der dem Baue des Nervensystems vor allen anderen Organsystemen bei vergleichend-anatomischen Untersuchungen zugeschrieben wird, musste meine Wahl naturgemäss auf dieses fallen. Zum Zwecke einer schnellen und instruktiven Vergleichung sind übersichtliche Schemata der betreffenden Nervensysteme erforderlich, derartige Zeichnungen sind aber bisher nicht vorhanden. Das in fast allen Lehrbüchern zu findende, sehr gelungene Bütschli'sche Schema des Nervenverlaufes von *Ascaris*, der einzige Versuch einer Gesamtdarstellung des Nervensystems der uns hier interessierenden Formen, ist veraltet.

In den von mir entworfenen und nachstehend mitgeteilten Figuren habe ich nun versucht, die Topographie des Nervensystems aufs eingehendste schematisch darzustellen, gleichzeitig habe ich aber auch das Wesentliche des histologischen Aufbaues berücksichtigt. Ich hoffe,

durch diese Schemata einerseits das Verständnis der für unseren Gegenstand in Betracht kommenden Abhandlungen zu erleichtern, andererseits aber auch demjenigen, der sich schnell orientieren will — beispielsweise zu Lehrzwecken — eine zeitraubende Lektüre zu ersparen. Dass die Figuren ihren Hauptzweck, die Nicht-Zusammengehörigkeit der genannten Wurmtypen in's rechte Licht zu setzen, erfüllen werden, ist mir nicht zweifelhaft: die Unterschiede sind ja zu grell, als dass man sie ignorieren könnte.

In meiner Darstellung halte ich mich meistens nicht an einen einzelnen Bearbeiter, wenn ich auch naturgemäss die zuletzt erschienenen Publikationen hauptsächlich berücksichtigt habe. In manchen Fällen entscheide ich mich für die ältere — von neueren Forschern angegriffene — Beobachtung, sei es, weil ich sie bei gelegentlichen Untersuchungen bestätigen konnte, sei es, weil die frühere Beobachtung im Gegensatz zu der neueren wirkliche Lücken in unserer Kenntnis des Nervenverlaufs ausfüllt. In einigen Fällen wage ich, solche noch vorhandene Lücken durch eine entsprechende Annahme auszufüllen.

Nematoden.

Ich will mit der Besprechung des Nervensystems der Nematoden beginnen. Wir sind weit davon entfernt, den Verlauf der Hauptnervenstränge bei den einzelnen Nematoden-Familien zu kennen (die Formen sind grösstenteils zu winzig, um eine Analyse des Nervenverlaufs zu erlauben). Wirklich sorgfältig studiert sind eigentlich nur die grossen *Ascaris*-Formen, besonders *Ascaris megalocephala.* Es ist also nur das Nervensystem dieses einen Vertreters, das unserer Darstellung zu Grunde liegt,[1]) aber wir haben nach einer Anzahl von

---

[1]) Vgl. hierzu: O. Bütschli, Beiträge zur Kenntnis des Nervensystems der Nematoden. Arch. mikr. Anat. Bd. X p. 84—100. Zur Herleitung des Nervensystems der Nematoden. Morphol. Jahrb. Bd. X. p. 486—493. — E. Rohde, Beiträge zur Kenntnis der Anatomie der Nematoden. Zool. Beiträge. Bd. I. p. 11. — R. Hesse, Ueber das Nervensystem von *Ascaris megalocophala.* Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 54. 1892. — L. Jammes, Contribution à l'étude de la couche sous-cuticulaire des Nématodes et particulièrement du genre Ascaris. Ann. scienc. nat. Zool. 7. Ser. T. XIII. 1892 p. 321—342. — St. Apathy, Ueber die Muskelfasern von Ascaris, nebst Bemerkungen über die von Lumbricus und Hirudo. Zeitschr. f. wiss. Mikro-

Einzel-Beobachtungen einigen Grund zu der Annahme, dass im Grossen und Ganzen bei allen wahren Nematoden der Nervenverlauf dem im folgenden beschriebenen gleicht.

Das Auffallendste im Baue des Nematoden-Nervensystems ist die Anordnung der centralen Partieen. Im Gegensatz zu allen anderen Würmern besitzen die Nematoden einen sog. Schlundring, der dem Pharynx dicht anliegt und lediglich aus Nervenfasern zu bestehen scheint. Wohl liegen an den Austrittsstellen der Nervenfasern einzelne Ganglienzellen, im Innern des Ringes findet sich aber so gut wie keine Spur davon. Für gewöhnlich nennt man diesen Nervenring das Centralorgan, unseren Vorstellungen über den Aufbau des Nervensystems entspricht dies aber durchaus nicht, für eine Centralstelle scheinen uns Anhäufungen von Ganglienzellen unerlässlich. Wir sind daher gezwungen, zwei laterale Ganglienzellgruppen als Centralorgan zu bezeichnen. Diese entsenden ihre Fortsätze teils direkt in die von ihnen ausgehenden Nerven, teils schicken sie selbige vorerst um den Oesophagus herum. Diese letzteren bilden so den aus etwa 50—60 Fasern bestehenden Nervenring, aus dem sie an verschiedenen Stellen als Nervenstränge hervortreten.

Aus den Seitenganglien (Fig. 1, *Sg*) entspringen aboral 2 Gruppen von Nervenfasern (*lv, lv'*), die beide nach der Bauchlinie ziehen und sich dort vereinigen mit Fasern, die den Nervenring ventralwärts verlassen, in die Bauchlinie eintreten und in dieser caudalwärts verlaufen. Die beiden aus den Ganglien stammenden Fasergruppen haben nun zwar das gleiche Ziel, benutzen aber verschiedene Wege. Die eine (*lv*) zieht parallel dem Schlundring in der Subcuticula und mündet oral vom Excretionsporus (*e*), die andere (*lv'*) durchsetzt die Leibeshöhle auf der Gewebsbrücke der Excretionskanäle und vereinigt sich mit dem Bauchnerven (*b*) caudal vom Excretionsporus.

Der Bauchnerv (*b*) bildet den bei weitem stärksten Nervenstrang und ist als Hauptnerv anzusehen; er besteht also aus Fasern, die

skopie. Bd. X. 1893. p. 36—73 u. p. 319—361. — E. Rohde, Apáthy als Reformator der Muskel- und Nervenlehre. Zool. Anz. 1894. p. 38—47. — St. Apathy, Das leitende Element in den Muskelfasern von Ascaris. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 43. 1894. p. 886—911.

sämtlich aus den Seitenganglien stammen: sie laufen teils direkt auf 2 verschiedenen Wegen in die Bauchlinie, teils umkreisen sie erst den Oesophagus und treten dann von rechts und links kommend als unpaare Wurzel aus dem Nervenringe hervor. Da der weitere Verlauf des Bauchnerven im männlichen und weiblichen Geschlecht nicht der gleiche ist, und sich auch sonst geschlechtliche Differenzen finden, so wollen wir zuerst den einfacheren weiblichen Typus gesondert besprechen.

Anfänglich besteht der Bauchnerv, wie sich auf Querschnitten erkennen lässt, aus 30—50 Fasern, die teilweise einen recht beträchtlichen Durchmesser haben. Die im vorderen Körperdrittel gelegene Vulva (*v*) ruft keine Spaltung des Nerven hervor, sondern zwingt ihn zum rechtsseitigen Ausbiegen; ein Umstand, der mit Recht gegen die Entstehung des Bauchnerven aus 2 Nervensträngen geltend gemacht wird. Nicht weit vor dem After tritt der Bauchnerv, der inzwischen ausserordentlich an Stärke abgenommen hat, in eine Ansammlung von Ganglienzellen ein, die man als Analganglion (*Ag*) bezeichnet. Der caudad austretende Nerv spaltet sich dicht vor dem After in zwei Aeste, die der Seitenlinie zustreben und sich mit den darin verlaufenden Nervenstämmen vereinigen. Kurz hinter dem Analganglion geht ein kurzer Nerv ab, der den Enddarm umfasst und auf der Dorsalseite der Cloake in einer Ganglienzelle endet.

Der Rückennerv (*r*) entspringt mit einer unpaaren Wurzel aus dem Schlundring, aber seine Fasern, die von rechts und links herankommen, entstammen sicherlich den Seitenganglien (*Sg*). Ueber seinen Verlauf in der dorsalen Medianlinie ist nichts wesentliches zu berichten. Auf Querschnitten beobachtet man im Vorderkörper 13—20 Fasern während sich in der Nähe des Schwanzes nur noch 4—6 vorfinden. Hinter dem After spaltet sich der Rückennerv und seine kurzen Aestchen verschmelzen mit den in der Seitenlinie verlaufenden Nerven.

Nun giebt es noch zwei Nervenpaare, die den Wurm der Länge nach durchziehen. Diese haben zwar Beziehungen mit den Seitenlinien, aber sie verlaufen nur eine verhältnismässig kurze Strecke direkt in ihnen, im übrigen halten sie sich in der Subcuticula in allernächster Nähe der Seitenlinien, die ja lediglich als eine Vorwulstung der Subcuticula aufgefasst werden. Man pflegt diese Bahnen deshalb als Sublateralnerven, obere und untere oder dorsale und ventrale zu be-

zeichnen. Während der untere (*usl*) sich aus dem Bauchnerven oberhalb des Excretionsporus (*e*) abzweigt, entspringt der obere (*osl*) dem Nervenringe da, wo ihm die Seitenganglien anliegen. In einer Stärke von 2—3 Fasern ziehen sie parallel den Seitenlinien bis etwa 3 cm vor dem Schwanzende, dann treten sie in die Seitenlinie hinein und verlaufen hier getrennt von einander bis in die Höhe des Analganglions, wo sie nach Einschaltung einer Ganglienzelle miteinander verschmelzen, um als Seitennerven bis ans Schwanzende weiter zu ziehen und in einander überzugehen.

Diese geschilderten Nervenstränge sind nun durch Subcuticular-Commissuren mit einander verbunden, die eine höchst sonderbare Verteilung zeigen. Während auf der rechten Körperseite 31 Commissuren vorhanden sind, zählt man auf der linken Seite nur 13. Diese Commissuren stellen Nervenäste vor, die, wie sich aus der Richtung der von ihnen abgehenden Zweige erschliessen lässt, aus dem Bauchnerven heraustreten, um den schwächeren Rückennerven lokal zu verstärken. Auffallend erscheint das Verhalten der Commissuren insofern, als sie sich meistens paarweise finden, und die zusammengehörigen Nerven sich in der Seitenlinie einander nähern oder gar mit einander kreuzen. Die allgemeine Anordnung dieser Commissuren geht aus der Figur 1 zur Genüge hervor, ich mache nur darauf aufmerksam, dass eine Commissur rechts und links vor dem Schlundring verläuft, die nicht etwa aus diesem entspringt, sondern dem Bauchnerven direkt entstammt und ebenso direkt in den Dorsalis eintritt.

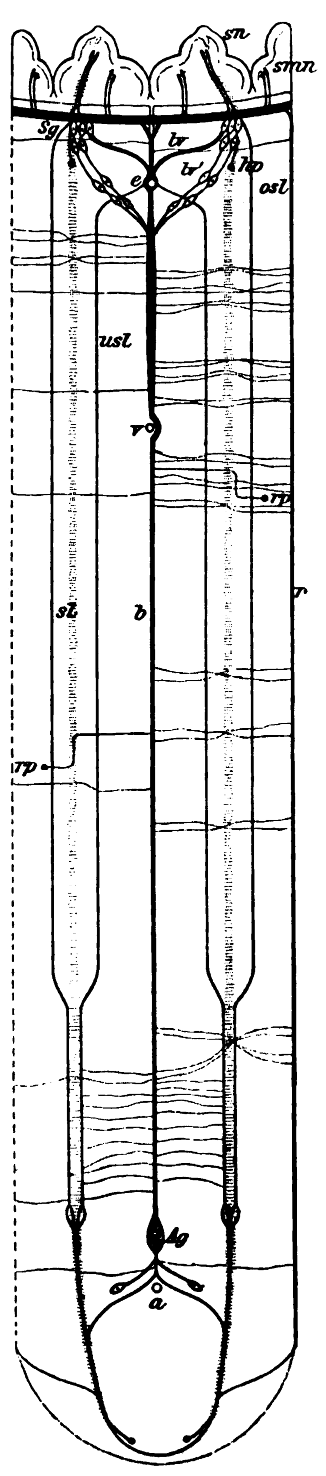


Fig. 1.

Eine Gruppe von zarten Commissuren zwischen dem Bauchnerven und dem unteren Sublateralnerven ist vielleicht nur ein Erbstück seitens des männlichen Tieres, bei dem wir hier ein ausgeprägtes Commissurensystem mit zweifellos wichtigen Aufgaben kennen lernen werden.

Schliesslich haben wir noch einiger Papillen zu gedenken, die sich an verschiedenen Stellen des Körpers vorfinden. Erstens ein Paar lateral gelegener sog. Halspapillen (*hp*) in der Nähe der Seitenganglien, zweitens zwei ebenfalls lateral gelegene paarige Papillen an der Schwanzspitze und drittens zwei Dorsalpapillen, von denen die der rechten Seite dicht hinter der Vulva, die der linken Seite 4 cm dahinter (siehe Figur 1, *rp*) gefunden wird. Die Art der Innervierung dieser Papillen erhellt aus der Zeichnung.

Ausser den vom Schlundring caudalwärts ziehenden Nervensträngen giebt es nun aber auch einige oralwärts verlaufende Nerven. Lateral entspringt aus dem Ring je ein Nerv und submedian ebenfalls, die alle sechs in die Lippen eintreten. Die Lateralnerven (*sn*) dringen am weitesten nach vorn und münden an der Spitze der beiden Ventrallippen als je zwei einfache Durchbohrungen der Cuticula (Fig. 10, *lp*, Lippenpapillen), die Submediannerven enden ebenfalls in je zwei Durchbohrungen der Cuticula, von denen die eine aber als ein besonderes Sinnesorgan kenntlich wird (siehe Fig. 10, *ls*).

Wenn wir nun zur Schilderung der entsprechenden Verhältnisse beim Männchen übergehen, so finden wir im grossen und ganzen den gleichen Bauplan. Genau dasselbe wie beim Weibchen ist zu sagen über die Lippen-Innervierung, über die Hals- und Rückenpapillen, über den Schlundring, die Seitenganglien und das Analganglion, über den Ventralis, Dorsalis und die Sublaterales. Nur erfahren der Bauchnerv und der untere Sublateralnerv eine kräftige Anschwellung im hinteren Körperende. Der Bauchnerv, der im Mittelkörper stark abgenommen hatte, steigt wieder auf mehr als 40 Fasern, und der untere Sublateralnerv, der sonst nur aus 2—3 Fasern besteht, wächst da, wo er innerhalb der Seitenlinie verläuft, auf 25—30 Fasern, zum sog. Bursalis an. Das aus 7 Ganglienzellen bestehende Analganglion entsendet zwei vertikale Fortsätze, die einen Analring bilden, der den Enddarm umfasst und in der Nähe der Seitenlinien jederseits 2 Ganglienzellen enthält.

Die Commissuren sind zahlreicher als beim Weibchen: zwischen Bauch- und Rückennerv verlaufen in der rechten Körperhälfte 33, links 14 subcuticulare Commissuren. Besonders gross ist aber die Zahl der Commissuren zwischen Bauch- und Bursalnerv. Vom Bauchnerven spalten sich fortwährend Fasern ab, die durch die Subcuticula zum unteren Sublateralis verlaufen und diesen dadurch zum Bursalis verstärken. Aus dem letzteren ziehen wiederum feine Stränge medianwärts, die in der Cuticula der Bauchseite als Genitalpapillen endigen. Diese Genitalpapillen, die im Gegensatz zu den Lippenpapillen die Cuticula nicht völlig durchbohren (Fig. 10, *gp*), finden sich in sehr grosser Menge prae- und postanal: man hat zwischen 79—105 gezählt, wobei zu bemerken, dass ihre Verteilung keine streng symmetrische ist. Besonders zu erwähnen ist ein Paar von Doppel-Papillen, die etwa an der Vereinigungsstelle der Aeste des Bauchnerven mit dem Bursalis entspringen. Schliesslich muss ich auch noch des gelegentlichen Fundes von Längsnerven innerhalb der Seitenlinie gedenken, ein Verhalten, für das in der Figur 2 durch Abspaltung einer Faser der unteren Sublateralnerven ein Erklärungsversuch versinnbildlicht wird.

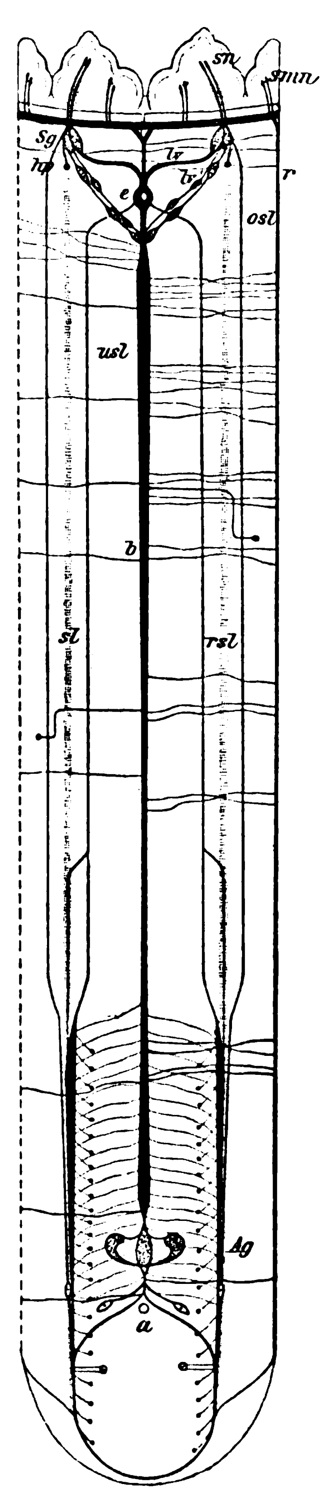


Fig. 2.

Um in den von mir entworfenen Figuren wirklich auch alle Einzelheiten eintragen zu können, musste ich dazu greifen, den Wurmkörper aufgeschnitten darzustellen. Ich wählte als Schnittlinie den Dorsalnerv, liess diesen aber unberührt, sodass beim Ausbreiten des Hautmuskelschlauches der Rückennerv (*r*) die eine Seite des Praeparates bildete.

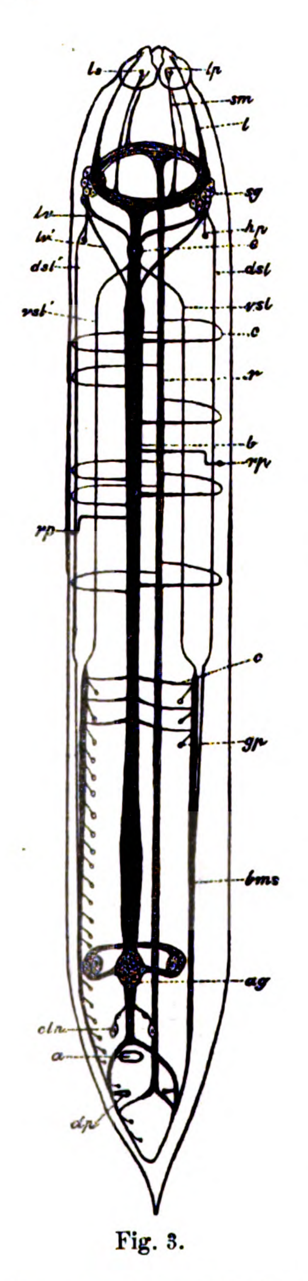


Fig. 3.

Trotz ihrer zweifellosen Vorzüge ist diese Art der Darstellung doch vielleicht nicht in dem Masse instruktiv wie eine perspektivische Zeichnung, und ich habe deshalb versucht, auch ein körperliches Bild von dem Verlauf der Nerven zu entwerfen. Wie man in Fig. 3 sieht, habe ich mich dabei durchaus an das Bütschli'sche Schema angelehnt. Es ist selbstverständlich, dass in ein solches Schema nicht alles das, was in Figur 1 oder 2 dargestellt ist, hineinzuzwängen war; so habe ich mich damit begnügen müssen, durch einige schematisch gehaltene Commissuren die Beziehungen des Bauchnerven zum Dorsalis einerseits und zum Bursalis andererseits anzudeuten. Auch die Genitalpapillen glaubte ich der Uebersichtlichkeit halber nur auf einer Seite ihrer ganzen Ausdehnung nach eintragen zu dürfen. Irrtümlich an der Zeichnung ist der den Rückenpapillen (*rp*) angewiesene Platz; es ist dabei links und rechts verwechselt, da die der linken Seite mehrere Centimeter vor der der rechten Seite gefunden wird.

Gordiaceen.

Den Nematoden haben wir von den zu besprechenden Typen in erster Linie die Gordien anzureihen, da sie ja von manchen Zoologen direkt als Nematoden bezeichnet werden. Der Bau des Nervensystems bei diesen Würmern ist grundverschieden von dem Schema, das wir soeben entworfen haben.[1])

[1]) Man vergleiche: M. A., Villot Monographie des Dragonneaux. Arch. d. zoolog. expér. et génér. T. III. 1874. S. 181—238, Taf. VI—IX. — Nouvelles recherches sur l'organisation et le développement des Gordiens. Ann. sc. nat. zool. T. XI. 1881. 44 S. 2. Taf. — Vejdovsky, Fr. Zur Morphologie der Gor-

An Stelle der sechs Längsnerven findet sich bei den *Gordius*-Arten ein einziger ventraler Strang von beträchtlichem Durchmesser, der sogenannte Bauchstrang (*bst*). Dieser zeigt äusserlich keine Spur von Segmentierung, im Innern dagegen scheinen einzelne Ganglienzellen auf eine segmentale Gliederung hinzuweisen.

Die Ganglienzellen des Bauchstrangs können wir ihrer Lage nach folgendermassen unterscheiden: es finden sich erstens basale Zellen (*bz*), die in beträchtlicher Menge den ventralen Teil des Bauchstrangs erfüllen, sodann laterale Gruppen von 2 oder 3 Zellen, die in segmentaler Anordnung sich an der seitlichen Peripherie des Bauchstrangs finden (*lz*) und endlich drittens eine unpaare Reihe von grossen Ganglienzellen noch unterhalb der Bauchzellen, die sogenannten Medianzellen (*mz*).

Von den genannten Ganglienzellen gehen Fortsätze aus, die sich zum grossen Teil in dendritischer Weise verästeln und so mit benachbarten Ausläufern zu einem feinen Maschenwerk aus Nervenfibrillen verschmelzen, das die Hauptmasse der sogenannten Punktsubstanz ausmacht.

Die auf Querschnitten stets in die Augen fallende Dreiteilung des Bauchstrangs beruht darauf, dass die Ausläufer der Basalzellen (*bz*) zwei kräftige Faserzüge bilden, die sich scharf gegen die Punktsubstanz abheben. Häufig zeigt der Querschnitt auch noch eine Gruppe von horizontal verlaufenden Zügen; sie sind, wie aus unserer Fig. 5 ohne weiteres ersichtlich, als Fortsätze der Lateralzellen (*lz*) zu deuten.

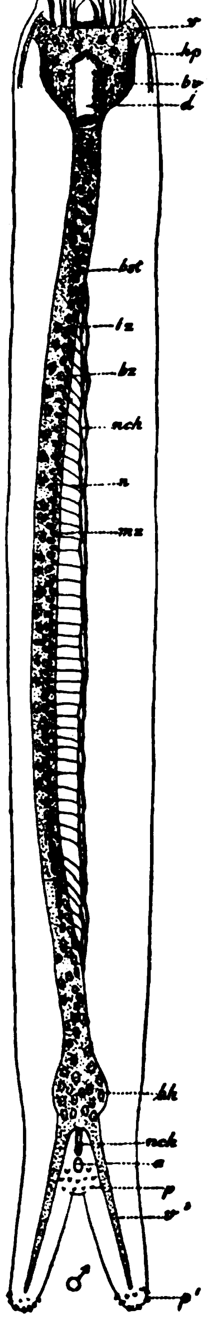


Fig. 4.

diiden. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 43. 1886. S. 369—433. Taf. XV u. XVI. — Studien über Gordiiden. (Zweite Mitteilung) Zeitschr. f. wiss. zool. Bd. 46. 1888. S. 189—216. Taf. XVIII. — Organogenie der Gordiiden. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 57. 1894. S. 643—703. Taf. XXVII—XXX.

Aus jeder Medianzelle (*mz*) treten eine Anzahl von Fortsätzen, von denen die dorsal gerichteten sich in der Punktsubstanz auflösen, während der einzige, kräftige ventrale Fortsatz (*n*) zwischen die Muskeln hindurch in die Subcuticula (oder Hypodermis) (*hp*) eintritt. Auf diese Weise wird der Bauchstrang durch eine Reihe parallel verlaufender Nervenfäden an der Subcuticula gewissermassen aufgehängt, ein Verhalten, das ich in Fig. 4 durch leichte Seitwärtsbiegung des Bauchstranges anschaulich zu machen versucht habe. An der Stelle, wo dieser Nerv in die Subcuticula eintritt, konstatiert man — vor allem leicht auf Querschnitten — ein doppelt konturiertes Rohr (*nch*), das man als Neurochord anspricht, also als ein Nervenrohr, in dem eine grössere Anzahl von Nervenfibrillen (vielleicht ausschliesslich sensorische) verläuft. Dieses Rohr findet sich in der ganzen Ausdehnung des Bauchstranges. Ob sämtliche Fibrillen des vom Bauchstrang kommenden Nerven (*n*) in den Neurochord eintreten, scheint mir sehr zweifelhaft, ich glaube, dass eine Anzahl von Primitivfibrillen sich direkt in die Subcuticula begiebt; wir werden weiter unten auf diesen Punkt des näheren einzugehen haben.

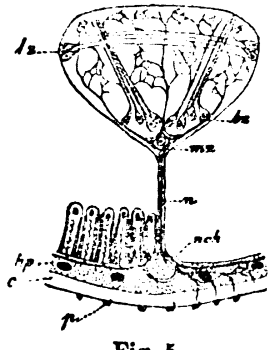


Fig. 5.

Man wird sich vielleicht wundern, dass ich meine Schilderung in diesem Falle nicht mit dem Centralteile begonnen habe, ich that dies aber doch, denn der Bauchstrang ist seinem ganzen Bau nach nicht als Nerv, sondern als Ganglion oder als eine Reihe von innig verbundenen Ganglien aufzufassen. Das in Fig. 4 dargestellte Schema zeigt allerdings zwei ganglienartige Anschwellungen des Bauchnervs, diese haben aber in ihrem histologischen Aufbau nicht die geringsten Abweichungen dem Bauchstrang gegenüber, und man kann sie daher nur als verdickte Teile des Bauchstrangs bezeichnen. Die vordere Anschwellung (*bv*) ist allerdings auch noch insofern in ihrem Bau etwas modifiziert, als sie den Oesophagus umfasst. Dadurch kommt eine kurze Strecke eine völlige Durchschnürung zu stande. Die dorsale Commissur, die diese durch den Darm getrennten Teile mit einander verbindet, und die häufig als oberes Schlundganglion angesprochen wird, legt sich ontogenetisch erst spät an und zeigt dementsprechend eine

nur geringe Entwickelung: Von einer Homologie dieser Commissur mit dem oberen Schlundganglion der Anneliden kann demnach keine Rede sein.

Von grösstem Interesse ist die Verbindung dieser Anschwellung mit der Subcuticula: eine breite Partie von Punktsubstanz (*v*) tritt zu beiden Seiten in die Subcuticula über. Eine ähnliche Verbindung findet sich am hinteren Körperende. Die hintere Anschwellung (*bh*) bildet eine einfache Verdickung des Bauchstrangs, von deren hinterem Rande aus zwei schmale, aus Punktsubstanz bestehende Fortsätze (*v'*) caudalwärts ziehen, die sich der Subcuticula immer inniger anschmiegen und schliesslich ganz in sie übergehen.

Als Nerven hätten wir also bisher lediglich einen medianen Bauchnerven innerhalb der Subcuticula aufzuführen, den sogenannten Neurochord. Dass von diesem wahrscheinlich Seitenäste in die Subcuticula abgehen, habe ich weiter oben schon erwähnt. Hierzu würden nun noch die Tastnerven des Kopfes kommen. Beim Männchen gehen vom vorderen Rande der Kopfanschwellung des Bauchstrangs auf beiden Seiten je 3 Paar Tastnerven ab (siehe Fig. 4), beim Weibchen findet sich nur je 1 Paar, das sich aber sehr stark verästelt.

Auch am hinteren Ende des weiblichen Körpers begegnen wir einem Geschlechtsunterschiede im Bau des Nervensystems (Fig. 6).

Von den beiden divergierenden Ausläufern des Bauchstrangs zweigt sich am Innenrande je ein Ast ab, der ventralwärts zieht, und nach Vereinigung mit dem konvergierenden Schwesterast mit dem Neurochord in Verbindung tritt.

Die Innervierung der verschiedenen Papillen ist bisher nicht beobachtet, ich werde weiter unten noch näher darauf einzugehen Gelegenheit haben.

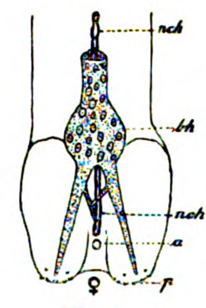


Fig. 6.

Acanthocephalen.

Wir gehen nun über zu der Gruppe der Kratzer, der Acanthocephalen, für deren nahe Verwandtschaft mit den Nematoden erst neuerdings wieder HAMANN eingetreten ist, indem er auf Grund einer „kompleten Homologie zwischen einer ganzen Reihe von Organen" sich gezwungen fühlt, die Acanthocephalen in nächste Nähe der Nema-

toden zu stellen.[1]) Es ist hier nicht unsere Sache, auf das Unhaltbare der von HAMANN beigebrachten Vergleichspunkte einzugehen, wir wollen nur den Bau des Nervensystems schildern, und ich meine, man wird daraus schon ersehen können, dass von einer einigermassen nahen Verwandschaft zwischen Acanthocephalen und Nematoden keine Rede ist. Obwohl das Nervensystem mehrerer Echinorhynchen genau beschrieben ist, beschränke ich mich auf eine Form, und zwar wähle ich die grösste Art, *Echinorhynchus gigas*, den Riesenkratzer unseres Schweines, weil bei diesem die meisten Komplikationen vorhanden und die Abweichungen bei den übrigen Arten sämtlich auf Vereinfachungen dieses Typus zurückzuführen sind.[2]) Ich folge in meiner Darstellung ausschliesslich KAISER's Monographie, einer äusserst sauberen und eingehenden Arbeit, die leider kein einziges Uebersichtsbild, also auch nicht vom Nervensystem enthält. Ich hoffe, in meiner Figur 7 diesem Mangel abgeholfen zu haben.

Den Centralteil des Nervensystems bildet ein ovales, dorsoventral abgeplattetes Ganglion (*Gc*), das man nicht weit vom hinteren Ende der Rüsselscheide zwischen den Rüssel-Retraktoren antrifft. An diesem Ganglion unterscheidet man eine centrale Punktsubstanz und eine aus 86 verschieden grossen Zellen bestehende Rindenschicht. In meiner Figur habe ich nur die Ganglienzellschicht im optischen Durchschnitt gezeichnet; man bemerkt aber von jeder Zelle aus einen Fortsatz nach innen, diese Fortsätze verästeln sich und anastomosieren mit einander. Die Hauptmasse der Punktsubstanz ist also auch hier ein Netzwerk von Primitivfibrillen. Ausserdem sieht man aber auch kräftigere Fortsätze, die das Ganglion quer durchsetzen und auf der gegenüberliegenden Seite als Fasern eines Nerven heraustreten.

Diesem Ganglion entspringen 8 Nervenstämme, ein vorderer Mediannerv (*ma*), ein vorderer Ventralnerv (*va*), zwei vordere (*pl*), zwei mittlere (*ml*) und zwei hintere Seitennerven (*Nlp*).

Der vordere Mediannerv (*ma*) entspringt aus den beiden obersten Ganglienzellen und aus zwei auf der Rückenfläche liegenden,

---

[1]) O. HAMANN, Die Lemnisken der Nematoden. Zool. Anz. 13. 1890. pag. 210 bis 212.

[2]) JOH. E. KAISER, Die Acanthocephalen und ihre Entwickelung. Bibl. Zool. Heft VII, 1891. Mit 10 Taf.

er besteht aus 4 Fasern und verläuft zwischen den grossen Rüsselretraktoren bis zur Rüsselspitze. Hier löst er sich in zahlreiche Fasern auf, die an die Enden der Retraktoren treten; nur zwei Fasern durchbohren die Ringmuskelplatte an der Rüsselspitze und ordnen sich hier direkt unter der Hypodermis zu einem Knäuel (*P*) an, der durch einen zarten Kanal mit der Aussenwelt kommuniziert. Es liegt hier ein Tastapparat vor, der seinem Bau nach in mehrfacher Hinsicht an die Lippensinnesorgane von *Ascaris* erinnert. Wenn ich in meiner Figur diesen unpaaren Nerven in seinem unteren Verlaufe paarig gezeichnet habe, so geschah dies nur der Deutlichkeit halber.

Von der Bauchfläche des Ganglions entspringt mit drei kräftigen Wurzeln der vordere Bauchnerv (*va*), der oralwärts zieht, die Rüsseltaschenwand durchbohrt, sich sodann in zwei auseinander weichende Aeste spaltet, die vor dem unteren Rande des Sarkolemmaringes scharf nach aussen umbiegen, um an der Innenfläche der seitlichen Vorstossmuskeln zum Rüsselkolben emporzusteigen. Im Rüsselkolben spaltet sich der Nerv: der rechtwinklig abbiegende Teil bildet jederseits eine hinter der letzten Hakenreihe liegende Papille (*P*), während der Rest

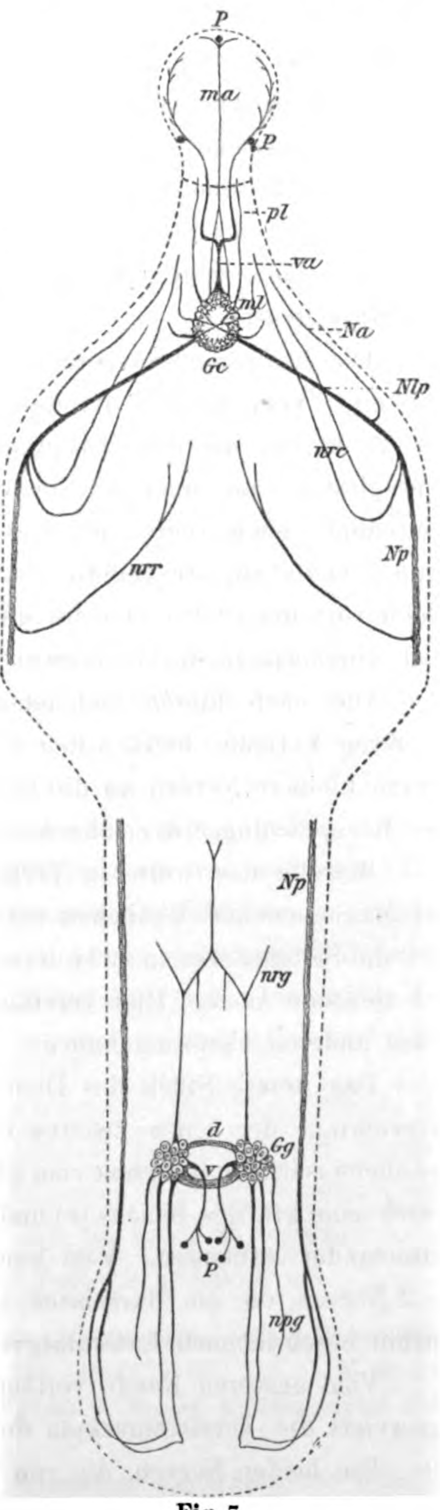


Fig. 7.

den Constrictor des Rüssels innerviert. Diese Papillen liegen bei eingezogenem Rüssel genau am vorderen Körperende und können so vorzüglich als Tastpapillen dienen.

Die vorderen Seitennerven (*pl*) stammen aus Zellen des seitlichen Ganglionrandes und innervieren die seitlichen Vorstossmuskeln.

Die mittleren Seitennerven (*ml*), die ebenfalls vom Ganglionrande kommen, sind unbedeutend, sie versorgen die Fibrillenscheiben der Rüsseltasche.

Die hinteren Seitennerven (*Nlp*) sind um so kräftiger entwickelt. Vom unteren Rande des Ganglions entspringen jederseits 20—22 Fasern, die den Receptaculumboden durchbohren und dann — umschlossen von einer Anzahl von Muskelfasern (Retinacula) — der Seitenlinie des Körpers zustreben. Sobald sie die Leibeswand erreicht haben, endigt die Muskelhülle, und die Fasern verteilen sich allmählich. Nach vorn biegen 4—5 Fasern um und innervieren die lateralen Längs- und Ringmuskeln der Leibeswand (*Na*).

Die nach hinten ziehenden Lateralnerven (*Np*) nehmen im weiteren Verlaufe beträchtlich an Faserreichtum ab, zumal sie noch einige kleinere Nerven an die Retractoren des Halses (*nrc*) und an die der Receptaculums (*nrr*) abgeben.

Betreffs des weiteren Verlaufes gestalten sich die Verhältnisse bei Männchen und Weibchen verschiedenartig. Beim Männchen teilen sich die Seitennerven in zwei unter spitzem Winkel zum hinteren Körperpol ziehende Aeste. Hier vereinigen sie sich mit ein paar Nerven, die einen anderen Ursprung haben.

Das untere Stück des Ductus ejaculatorius umgiebt nämlich ein Nervenring, der einen zweiten Centralteil darstellt. Zwei recht ansehnliche seitliche Ganglien vom gleichen Bau wie das Kopfganglion sind durch eine kräftige Bauch- (*v*) und eine schwächere Rückencommisur (*d*) miteinander verbunden. Vom hinteren Rande der Ganglien entspringen je 2 Nerven, die am Bursalsack herabsteigen und mit den Aesten des vorhin beschriebenen Lateralnerven verschmelzen.

Vom äusseren Rande verläuft je ein Nerv nach hinten (*npg*) und innerviert die Vorstossmuskeln der Genitalscheide.

Die beiden Nerven, die von der inneren Seite der Genitalganglien abgehen, versorgen zum Teil die Copulationsorgane, zum Teil endigen

sie in der Bursa als sechs Genitalpapillen (*P*), die sich von den Papillen des Rüssels dadurch unterscheiden, dass die Cuticula undurchbohrt über sie hinwegzieht, ganz wie bei den Genitalpapillen von *Ascaris*.

Schliesslich entspringen vom oralen Rande der Ganglien zwei kräftige Nerven (*nrg*), die auf der Scheide bis zu deren vorderem Ende verfolgt werden können. Sie geben ein paar Aestchen an die Rückziehmuskeln des Ductus ejaculatorius ab und verschmelzen auf der Bauchseite zu einem medianen Nerven, der ventral vom Vas deferens verläuft und sich schliesslich an den Muskelfasern verästelt.

Beim Weibchen spaltet sich der hintere Lateralnerv (Fig. 8 *Np*) in ähnlicher Weise, der eine Ast (*L*) verläuft unter Abgabe einzelner Zweige an die Bauchmuskulatur in der Seitenlinie bis ans Ende des Körpers, der andere aber biegt nach dem Rücken zu und verläuft schliesslich parallel neben der Rückenlinie bis ans Körperende, wo er sich wiederum mit dem Lateralnerven vereinigt. Diese oberhalb der Geschlechtsöffnung gelegene Vereinigungsstelle (*Nk*) zeichnet sich durch eine enorme Dicke der Nervenfasern aus, von einem Ganglion kann man aber nicht reden, da jede Spur von Ganglienzellen fehlt. Von diesen — durch eine Commissur mit einander verbundenen — Nervenanschwellungen aus zweigen sich Fasern an die Rückenmuskulatur ab, auch werden von hier aus die Sphinkteren der Vagina versorgt.

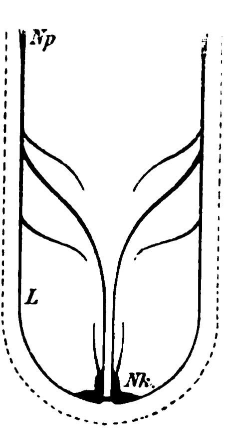


Fig. 8.

Chaetognathen.[1]

Zum Schluss wollen wir das Nervensystem der Pfeilwürmer, der Chaetognathen betrachten, die bekanntlich auf Grund der Muskelanordnung von Schneider mit den Nematoden vereinigt wurden,[2]) eine systematische Ungeheuerlichkeit, die sich bis heute in manchen Lehrbüchern z. B. in Claus' Lehrbuch der Zoologie gehalten hat.

---

[1]) Man vergleiche: O. Hertwig, Die Chaetognathen. Eine Monographie. Jen. Zeitschr. f. Naturw. Bd. XIV. 1880. S. 196—311. Taf. IX—XIV. — B. Grassi, Die Chaetognathen. Fauna und Flora d. Golfs v. Neapel 5. Monographie 1883. 126 S. 13 Taf.

[2]) A. Schneider, Monographie der Nematoden. Berlin 1866. 357 S. 28 Taf. (Ueber das System der Würmer. S. 325—337.)

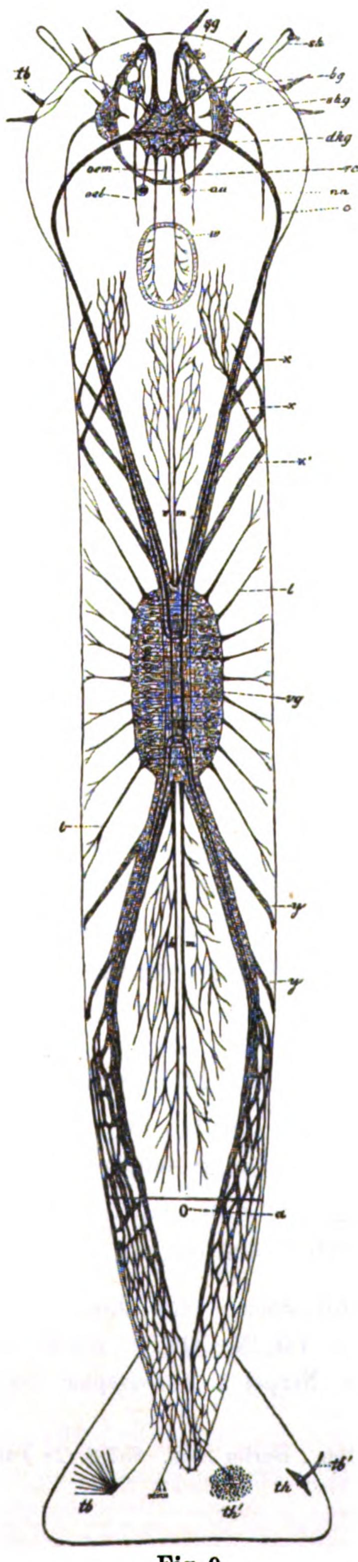


Fig. 9.

Das Nervensystem der Chaetognathen gewährt ein ganz besonderes Interesse, weil es zum weitaus grössten Teile seine primitive Lagerung im Ektoderm beibehalten hat. Die von mir entworfene Figur 9 stellt nicht das Nervensystem einer bestimmten Art dar, sondern vereinigt eine Anzahl specifischer Eigentümlichkeiten, ist also als Schema für sämtliche Chaetognathen anzusehen. Als Hauptcentralteil müssen wir das Bauchganglion bezeichnen, eine abgeplattete ovale Masse (Fig. 9 *vg*), in der man zu beiden Seiten in beträchtlicher Menge grosse und kleine Ganglienzellen vorfindet, deren Fortsätze teils die central gelegene Punktsubstanz durchlaufen, um an der gegenüberliegenden Seite als Nervenfasern auszutreten, teils in ihr durch dichotomische Verästelung sich auflösen.

Am aboralen Ende des Bauchganglions gehen vier Nerven ab, zwei parallele, mediangelegene verhältnismässig schwache (*hm*), die unter Abgabe zahlreicher Aeste bis zum Ende des Rumpfsegmentes verlaufen, und zwei divergirende, sehr kräftige Stämme, deren lateralwärts abzweigende Aeste (*y*) nach der Rückenseite hinüberbiegen, wo sie sich netzförmig auflösen. In der Figur konnte dieses Verhalten nicht zur Darstellung kommen, weil dadurch die Uebersichtlichkeit gestört worden wäre. Man kann dies aber umsomehr entbehren, als die ventral verlaufenden Hauptstämme, deren Auflösung ich in der Figur angedeutet habe, dasselbe

Bild bieten. Zu erwähnen ist ausserdem noch das vereinzelte Vorkommen grösserer und kleinerer Ganglienzellen in dem schliesslich resultierenden zarten Endplexus.

Nach den Seiten entsendet das Bauchganglion eine grössere Anzahl von ziemlich schwachen Nerven (*l*), von denen in unserer Figur jederseits neun dargestellt sind. Diese verlaufen wie die caudalen Nerven im Ektoderm, biegen nach dem Rücken und lösen sich in ähnlicher Weise zu einem peripheren Plexus auf.

Nach vorn endlich gehen ebenfalls zwei parallele Nerven ab, die den medianen Teil der Bauchseite innervieren (*vm*) und zwei divergierende (*c*), deren lateralwärts abgehende Aeste (*x'*) die dorsalen Partien versorgen (*x*).[1] Auch diese vorderen Nerven lösen sich zum grössten Teil in einen Endplexus auf, der mit dem Nervengeflecht des mittleren und hinteren Körperteiles in innige Verbindung tritt. Ich sage zum grössten Teile, denn die beiden Hauptäste der divergierenden Stämme (*c*) biegen da, wo Kopf und Rumpf ineinander übergehen, dorsalwärts und treten in ein zweites Ganglion, das dorsale Kopfganglion (*dkg*), das vielfach als oberes Schlundganglion bezeichnet wird. Auch dieses Ganglion, dessen Grundform ein Sechseck darstellt, liegt gänzlich im Ektoderm und besteht aus peripherischen Ganglienzellen und centraler Punktsubstanz. Aus ihm entspringen fünf Nervenpaare; am hinteren Rande die Augennerven (*au*) und die sog. Coronalnerven, die das eigentümliche Sinnesorgan, den Wimperring (*w*) innervieren, an den beiden vorderen Seitenrändern zwei Paar kleinere Nerven, die an die Tastorgane des Kopfes herantreten, und am vorderen Rande endlich zwei sehr kräftige Nerven, die an der Stirn ventralwärts umbiegen und nun ins Mesoderm eintreten. Sie verlaufen hier in entgegengesetzter Richtung seitlich vom Vestibulum und vereinigen sich unterhalb des Oesophagus zu einem geräumigen Bogen (*rc*). Dieser mesodermale Teil des Nervensystems enthält auch noch zwei Paar Ganglien: zu beiden Seiten des Vestibulums finden sich der Commissur anliegend je ein ansehnliches Ganglion (*skg*), von dem eine Anzahl Nervenäste abgehen, darunter ein ziemlich ansehn-

---

[1]) Die vorderen Mediannerven fehlen bei mehreren Arten, an ihrer Stelle verlaufen dann die beiden Commissurenstämme anfänglich parallel in nächster Nähe der Medianlinie und biegen erst nahe am Kopfe nach den Seiten auseinander.

licher Nackennerv (*nn*); etwas vor diesen seitlichen Kopfganglien zu Seiten des Mundes liegen zwei kleinere mit der Commissur durch einen kurzen Ast verbundene Buccalganglien (*bg*), von dem aus durch einen nach hinten verlaufenden Nerv (*oel*) die lateralen Wände des Oesophagus, durch einen vorderen Ast eigentümliche Sinnesgruben der ventralen Stirnpartie (*sg*) versorgt werden. Ein kleiner medianer Oesophagealnerv (*oem*) entspringt direkt aus der Commissur.

Innerhalb der Ganglien und der vier Hauptnervenstämme treten einige riesige Nervenfasern, sog. Neurochorde hervor, die ich in der Figur zur Darstellung gebracht habe. Da Grassi deutlich gesehen hat, dass von solchen Riesenfasern kleine Fasern abgehen, die die Tasthügel innervieren, so scheint mir einiger Grund vorzuliegen, diese Nerven als Röhren mit sensorischen Fibrillen aufzufassen.

Es erübrigt noch, der Sinnesorgane mit ein paar Worten zu gedenken. In riesiger Zahl finden sich bei den Chaetognathen über den ganzen Körper zerstreut eigentümliche, mit Borsten besetzte Tasthügel. Ich habe in meiner Figur auf der Schwanzflosse den Bau dieser Gebilde schematisch darzustellen versucht. Am lebenden Tiere sieht man einen Fächer von zartesten Borsten (*tb*), die auch zusammengelegt sein können, wie ich es am Kopfe gezeichnet habe. An conservierten und gefärbten Exemplaren sieht man in Aufsicht hauptsächlich einen Haufen kräftig gefärbter Zellen, in deren Mitte ein zarter Streifen zu erkennen ist (*th'*). Auf Schnitten entpuppt sich dieser Zellhaufen als ein flacher Hügel (*th*), dessen Gipfelzellen mit feinen Aesten des Nervennetzes in Verbindung stehen und lange zarte Borsten tragen (*tb'*).

Den Wimpering haben wir schon erwähnt, er ist seinem Bau nach sehr wohl auf die Tasthügel zurückzuführen, die Fortsätze der Sinneszellen sind aber nicht starr, sondern zeigen eine wimpernde Bewegung. Man hat dies Organ vielfach als Geruchsorgan gedeutet, ich glaube, dass wir es in ihm nur mit einem modificierten Tastapparat zu thun haben, der eine bestimmte Qualität von Bewegung des umgebenden Mediums zu percipieren hat, wie wir das in ähnlicher Weise bei den Fischen von den Organen der Seitenlinie, den Lorenzini'schen Ampullen und den Savi'schen Bläschen anzunehmen haben.

Auf den Bau der Augen will ich hier nicht näher eingehen, auch die nur vereinzelt vorkommenden Sinneskolben (*sk*) des Kopfes und die Sinnesgruben der ventralen Stirnpartie (*sg*) nur erwähnen.

Damit hätten wir den Verlauf der Nerven bei den ins Auge gefassten Wurmtypen beschrieben, und ich meine es wird kaum Jemand behaupten wollen, dass auch nur eine oberflächliche Aehnlichkeit zwischen den einzelnen Gruppen bezüglich der Anordnung des Nervensystems zu konstatieren sei. Aber wir haben die Nerven nur in wenigen Fällen bis zu der Stelle wo sie endigen verfolgt, nämlich nur in Sinnesorganen; die motorischen Endigungen, die Innervierung des Muskels, die doch überall vorhanden sein muss, wo Bewegungen irgend welcher Art durch bestimmte Reize ausgelöst werden, haben wir bisher ganz ausser Acht gelassen. Und zwar habe ich dies gethan, weil betreffs unserer Kenntnisse über die Innervierung der kontraktilen Substanz bei den in Betracht kommenden Formen einerseits noch mancherlei Lücken zu verzeichnen sind, andererseits zwischen den betreffenden Forschern bisher keine Einigkeit erzielt werden konnte. Ich werde mich im Folgenden nicht auf die schwebenden Polemiken des Näheren einlassen, sondern den von APATHY vertretenen Standpunkt einnehmen. Wir werden sehen, dass auf diese Weise eine Reihe von Einzelbeobachtungen sich zu einem einheitlichen Bilde gruppieren lassen.

Nematoden.

Es ist seit langem bekannt, dass die Nematoden sich insofern ganz sonderbar verhalten, als bei ihnen nicht die Nerven die Muskeln aufsuchen, sondern umgekehrt die Muskelfasern lange protoplasmatische Fortsätze an die Längsnerven heranschicken. Dass die Innervierung der Muskelzelle durch den Kontakt des Fortsatzes mit der Nervenfaser nicht erledigt sein kann, liegt auf der Hand, wir müssen vielmehr ein Herantreten von leitenden Elementen an die kontraktile Substanz voraussetzen. Dieses nun auch wirklich nachzuweisen, ist neuerdings APATHY gelungen. Er vermochte durch besonders günstige Färbemethoden die nervösen Primitivfibrillen optisch zu isolieren und so zu zeigen, dass aus den Nervenfasern der Bauch- oder Rückennerven

ein Bündel von Primitivfibrillen in den Markfortsatz der Muskelzelle eintritt, sich hier in die Einzelelemente auflöst, die nun ihrerseits zwischen die kontraktilen Platten eindringen, rechtwinklig umbiegen und längs der Platten verlaufen. Aber hierdurch werden nicht alle Primitivfibrillen in Anspruch genommen, einige treten auch durch die kontraktilen Platten hindurch in die Subcuticula (oder Hypodermis) (*hp*) ein, wo sie sich verästeln und mit den Aesten benachbarter Fibrillen

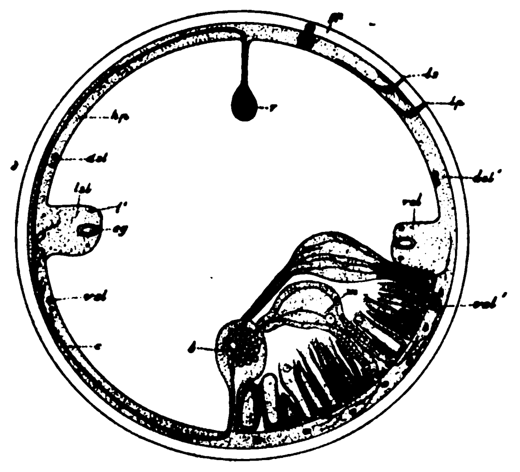


Fig. 10.
Querschnitt durch *Ascaris megalocephala* (schematisch). (Die Schemata der Papillen ganz willkürlich eingetragen).

b = Bauchnerv.
c = Commissur zwischen *b* u. *r*.
dsl, *dsl'* = dorsaler Sublateralnerv.
eg = Excretionsgefäss.
gp = Genitalpapille.
hp = Hypodermis = Subcuticula.
l' = vereinzelte Nervenfasern.
lp = Lippenpapille.
ls = Lippensinnesorgan.
lsl = linke Seitenlinie.
m = Muskelzelle, deren Innervierung angedeutet ist.
r = Rückennerv.
rsl = rechte Seitenlinie.
vsl, *vsl'* = ventraler Sublateralnerv.

zu einem Flechtwerk verschmelzen, wie ich es in der Figur 10 grob schematisch dargestellt habe. Dieses nervöse Fasernetz, das übrigens schon Jammes als solches erkannt hat, lässt die Subcuticula der Nematoden der Punktsubstanz anderer Würmer einigermassen verwandt erscheinen.

Die in die Subcuticula eintretenden Nervenfasern dürfte man wohl als sensorische Nerven aufzufassen haben; danach würden motorische und sensorische Primitivfibrillen innerhalb einer Nervenfaser verlaufen, ein Verhalten, das wir jedenfalls besonders betonen möchten.

Gordiaceen.

Die exakten Untersuchungen Apathy's, die unserer Schilderung zu Grunde liegen, erstrecken sich leider nicht auf die Gordiaceen, aber wir haben einigen Grund zu der Annahme, dass die Innervierung der kontraktilen Substanz hier in ganz ähnlicher Weise vor sich geht.

Ich habe schon darauf hingewiesen, dass wahrscheinlich aus dem Neurochord nervöse Primitivfibrillenbündel in die Subcuticula treten. VILLOT hat solche Nervenäste beschrieben, und auch VEJDOVSKY hat sie gesehen, nur hält er sie für Hypodermis-Muskeln und sieht in ihnen die fehlende Ringmuskulatur. Aber alle seine Angaben sprechen dafür, dass es nervöse Fasern sind, die aus dem Neurochord entspringen. Erstens sind die Fasern nur auf Medianschnitten und auch dann nur, wenn sie genau senkrecht getroffen sind, mit Sicherheit zu erkennen, sie erscheinen dann noch zarter, als die Ringmuskelfasern des Darmes. Ferner konnte VEJDOVSKY diese „Ringmuskeln" nur an der Bauchseite des Wurmes nachweisen, eine Thatsache, die ungezwungen ihre Erklärung findet, wenn man die Gebilde für Bündel von Primitivfibrillen ansieht, die sich allmälich in ihre Einzelelemente auflösen, die ihrerseits teils sich in der Subcuticula zu einem feinen Netzwerk verästeln, teils in die anliegenden Muskelzellen eintreten, um die kontraktile Substanz zu innervieren, teils endlich als Papillen die Cuticula durchsetzen. Dieses hier angenommene Verhalten habe ich in der untenstehend wiederholten Fig. 5 zur Darstellung gebracht. Für eine Innervierung

bz = basale Ganglienzellen.
c = Cuticula.
hp = Subcuticula = Hypodermis.
lz = laterale Ganglienzellen.
mz = mediane Ganglienzellen.
n = Nervenfaser.
nch = Neurochord.

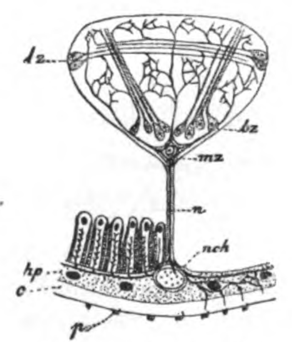


Fig. 5 (wiederholt). Querschnitt durch die mediane Ventralpartie von *Gordius* (schematisch).

der Muskeln von der Subcuticula aus spricht auch ein Befund negativen Charakters. Aus dem Bauchstrange treten nämlich keine Nerven in die Leibeshöhle hinein, also kann auch von dort keine Innervierung der Muskulatur erfolgen; und dass die Muskeln auch ohne Innervierung arbeiten sollten, wie es GRASSI bei den Chaetognathen vermutet, scheint mir doch eine allzukühne Hypothese, zumal sie unseren physiolo-

gischen Anschauungen direkt zuwiderläuft und durch keine Analogieen zu stützen ist.

Die von uns gemachte Annahme dagegen findet nicht nur bei den von Apathy erkannten Innervierungs-Verhältnissen der *Ascaris*-Muskulatur eine Anlehnung, sondern wir kennen bei einem anderen Wurme, dem *Gordius* zweifellos viel näher steht als den Ascariden, eine fast völlige Uebereinstimmung in den einschlägigen Punkten, ein Umstand, auf den meines Wissens noch niemals hingewiesen worden ist.

Diese Wurmgattung sind die absonderlichen Polygordien, auf deren Nervensystem ich aus dem soeben angedeuteten Grunde etwas näher einzugehen habe.[1])

Bei *Polygordius* findet sich in der ganzen Ausdehnung der Bauchlinie eine Verdickung der Subcuticula (Fig. 11, *hp*) die wir als eine unsegmentierte Reihe von Ganglien anzusehen haben. Das Bild eines Querschnitttes dieser Verdickung zeigt auffallende Anklänge an das gleiche Bild des Bauchstranges von *Gordius*, wie ein Vergleich der nebenstehenden Figur 11 mit der Figur 5 ohne weiteres demonstriert.

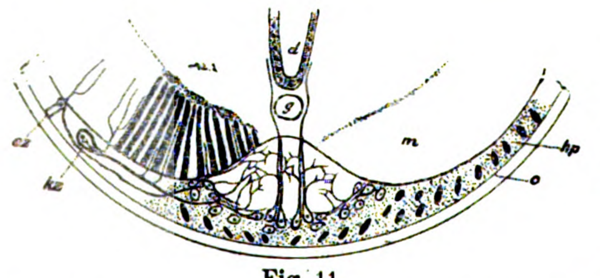


Fig. 11.
Querschnitt der ventralen Partie von *Polygordius* (schematisch).

c = Cuticula.
d = Darm.
ez = Epithelzelle.
g = Bauchgefäss.
hp = Hypodermis = Subcuticula.
kz = Subcuticularzelle.
m = Muskelfeld.

In beiden Fällen haben wir eine dorsal lagernde Punktsubstanz, die von Fortsätzen ventral angeordneter Ganglienzellen in drei neben einander liegende Stränge geteilt erscheint. Im übrigen sind die Verhältnisse bei *Polygordius* weit primitiver als bei *Gordius*. Der gangliöse Strang ist wie schon gesagt in seiner ganzen Ausdehnung mit der Subcuticula so innig verbunden, dass es in vielen Fällen unmöglich ist, die Epidermiszellen (als Epidermis ist ja die Subcuticula anzusehen)

[1]) Man vergleiche: Julien Fraipont, Le genre Polygordius. Une Monographie. 16 Taf. Fauna und Flora d. Golfs von Neapel, 14. Monographie 1887.

von den Ganglienzellen zu unterscheiden, bei den Gordiaceen dagegen ist der Bauchstrang, der sich bei jungen Tieren als eine Verdickung der Subcuticula präsentiert, von seiner ursprünglichen Bildungsstätte völlig abgeschnürt und nur durch zahlreiche Nervenfasern mit ihr verbunden. An seinen Enden vorn und hinten geht er allerdings noch ganz in die Subcuticula über.

Was nun die peripheren Nerven bei *Polygordius* angeht, so sind wir darüber einigermassen unterrichtet. Nach FRAIPONT verlaufen Fortsätze von Ganglienzellen in die Subcuticula, treten hier mit Subcuticularzellen (Fig. 11, *ez, kz*) in Verbindung und entsenden Aeste zwischen die Muskelplatten, an denen sie sich auflösen. Ausserdem sollen aber auch Fasern am dorsalen Rande des Bauchstranges neben dem Bauchgefäss (*g*) in das Mesenterium übertreten, wie ich es in der Figur angedeutet habe. Ob diese Fasern nur den Darm innervieren oder auch von innen her in die Muskulatur eintreten, ist meines Wissens noch nicht festgestellt.

Mit ein paar Worten möchte ich an dieser Stelle noch auf die verschiedenen Papillen des Gordiaceenkörpers eingehen, aber gleich vorausschicken, dass wir gar wenig übereinstimmende Angaben über diesen Gegenstand besitzen. GRENACHER[1]) spricht bei einer Form, die der Gattung *Chordodes* angehört, von grossen und kleinen Papillen und von Börstchen, mit denen er Durchbohrungen der Cuticula, sog. Porenkanäle, in Beziehung bringt. VILLOT lässt Nervenfibrillen in die Sinnesbörstchen am Schwanz eintreten. VEJDOVSKY bildet in seiner Abhandlung auf Taf. 27, Fig. 7 u. 43 Porenkanäle ab, die er als Ausführungsgänge von degenerierten, also nicht mehr nachzuweisenden Drüsen bezeichnet. Mir scheint es fraglos, dass wir in diesen Kanälen Nervenendigungen zu suchen haben, dass sie also mit den von GRENACHER beobachteten Porenkanälen, die an Papillen und Börstchen herantreten, übereinstimmen. Ebenso halte ich die auf der gleichen Tafel in den Figuren 20—30 gezeichneten höchst sonderbaren pigmentierten einzelligen Drüsen jedenfalls nicht für Drüsen, eher für Nervenendigungen. Betreffs der „Siebdrüsen" würde man die Porenplatten der Gallwespen und anderer

---

[1]) GRENACHER, Zur Anatomie der Gattung *Gordius*. Zeitschr. f. wiss. Zool. 1868. Bd. 18. p. 322—344. Taf. XXIII u. XXIV.

Insekten als Analoga heranziehen können. Jedenfalls dürfen wir aus den vereinzelten Experimenten NAGEL's,[1]) denen zufolge den geschlechtsreifen Tieren der chemische Sinn völlig fehlt, nicht schliessen, dass die Tierchen überhaupt keine Sinnesorgane besitzen. Im geschlechtsreifen Stadium müssen die Geschlechter sich finden, sich in die zur Begattung geeignete Lage bringen und bedürfen dazu gewisser Sinnesorgane.

Acanthocephalen.

Um die im ersten Teil unseres Aufsatzes gewählte Reihenfolge beizubehalten, fassen wir jetzt zunächst die feinere Innervierung bei den Acanthocephalen in's Auge, obwohl sie von der der Nematoden und Gordiaceen sehr verschieden ist, jedenfalls weit verschiedener als die Innervierung bei den Chaetognathen.

Schon ein Rückblick auf Fig. 7 (Seite 15) zeigt uns, dass die ganze Art und Weise der Nervenverästelung in gewisser Hinsicht an die Verhältnisse erinnert, wie wir sie z. B. von den Wirbeltieren her kennen. Die Hauptnervenstämme entsenden eben Aeste, die an der Oberfläche von Organen oder auf den Muskeln verlaufen und sich in ihrem Verlaufe immer weiter und weiter teilen. Die Primitivfibrillen treten dann schliesslich mit der kontraktilen Substanz der Muskelfasern in innige Verbindung; über das „wie" dieser Verbindung sind wir vorläufig nicht näher orientiert. Wir kennen also bei den Acanthocephalen kein subcuticuläres Nervennetz, ich muss aber hinzufügen, dass ein solches in Zukunft vielleicht noch nachgewiesen wird. Beobachtungen von LEUCKART[2]) und SÄFTIGEN,[3]) nach denen sich zuweilen von Fasern des Hautmuskelschlauches feinste Fibrillen abzweigen, in die Subcuticula eintreten und sich mit Subcuticularfasern verbinden, könnten möglicherweise durch neue Untersuchungen mittels der APATHY'schen Methode auf das Vorhandensein von hypodermalen Nervenfibrillen zurückgeführt werden.

---

[1]) WILLIBALD NAGEL, Vergl. physiolog. und anatom. Untersuchungen über den Geruchs- und Geschmacksinn und ihre Organe. Zoologica, Heft 18. Stuttgart 1894.

[2]) LEUCKART R., Die menschlichen Parasiten. 1. Aufl. 2. Band. p. 737.

[3]) SÄFTIGEN A., Zur Organisation der Echinorhynchen. Morphol. Jahrb. 1884, Bd. 10, p. 6. Taf. 3, Fig. 9.

Chaetognathen.

Ueber die Chaetognathen haben wir eigentlich gar keine positive Angaben in Hinsicht auf die Innervierung der Muskulatur. Ich bemerkte schon, dass Grassi wegen der negativen Resultate seiner speciell auf diesen Punkt gerichteten Untersuchungen die Innervierung der Muskelfasern für unwahrscheinlich hält, er sagt (a. a. O. p. 60) „io avanzo il dubbio che nei Chetognati non esistano nervi motori“. Der Bau des Nervensystems und die Vorstellung von der Unentbehrlichkeit einer Muskel-Innervierung muss uns zu der Ansicht führen, dass die Innervation der kontraktilen Substanz ähnlich wie bei *Polygordius* vor sich geht, dass also Aeste der im Ektoderm verlaufenden Nervenstämme oder Primitivfibrillen des ebenda liegenden Nervennetzes in die anstossenden Muskelzellen eindringen. Auch hier werden die Apathy'schen Methoden, die ja eine optische Isolierung selbst der feinsten Nervenfibrillen erlauben, zweifellos Aufklärung zu schaffen imstande sein.

Zum Schluss möchte ich mit ein paar Worten auf den Bau und die Bedeutung der Punktsubstanz eingehen. Vejdovsky berichtet in seiner letzten Gordiiden-Arbeit (Z. f. wiss. Zool. Bd. 57, pag. 677, Taf. 28, Fig. 50—52) über die Entstehung des Bauchstranges aus Zellen der Subcuticula, in seiner früheren Abhandlung (Z. f. wiss. Zool. Bd. 46, pag. 198) teilt er aber auch die Resultate von Untersuchungen über die Entstehung der Punktsubstanz mit. Danach hat Vejdovsky beobachtet, dass bei einer Reihe von Oligochaeten eine grosse Anzahl der ursprünglichen Ganglienzellen sich in sehr eigentümlicher Weise umwandeln. Die Zellmembran schwindet, der Kern schwillt ausserordentlich an, der Nucleolus wird unsichtbar, das Kernnetz immer deutlicher, endlich verschwindet auch die Kernmembran, die Reticula der einzelnen Kerne verschmilzen miteinander und bilden so das Fasernetz der Punktsubstanz. Die Schilderung mag vielen phantastisch klingen, mir persönlich erscheint eine derartige Entstehungsweise sehr plausibel, sie harmoniert mit einer Reihe von anderen neueren Beobachtungen verschiedener Forscher. Erstens möchte ich an die Rolle erinnern, die die beiden Centrosomen bei der Umwandlung der Spermatide in das Spermium beim Salamander spielen. Die schönen Untersuchungen

von Mewes[1]) haben uns gezeigt, dass die sog. Centrosomen eine gewaltige formbildende Kraft besitzen, indem sie zu Ringen und langen Fäden auswachsen.

Ebenfalls spermatogenetische Untersuchungen haben andererseits mich[2]) dazu geführt, den Centrosomen einen specifischen Charakter abzusprechen und sie ebenso wie die Nucleolen lediglich als undifferenzierte Teile des Protoplasmas (im Gegensatz zum Nuclein) anzusehen. Ich werde an anderer Stelle eine weitere Begründung dieser Ansicht geben, hier wollte ich nur darauf hinweisen, dass bei der Entstehung der Punktsubstanz mit dem Verschwinden des Nucleolus die Ausbildung des Fasernetzes Hand in Hand geht.

Drittens möchte ich Apathy's[3]) Standpunkt, zu dem er auf Grund eingehender Untersuchungen gelangt ist, in aller Kürze erwähnen. Apathy meint, neben Ganglienzellen auch noch Nervenzellen annehmen zu müssen, die sich zu dem leitenden Element, zu den Neurofibrillen differenzieren, die ihrerseits in die Ganglienzellen hineinwachsen und in ihnen wie in der Punktsubstanz ein Fasergeflecht bilden. Genauere Angaben über die Art und Weise der Entstehung dieser Fibrillen aus besonderen Zellen stehen noch aus, es ist mir aber nicht unwahrscheinlich, dass in der von Vejdovsky beschriebenen Umwandlung der Ganglienzellen die Entstehung der leitenden Fibrillen enthalten ist.

Dass die Ganglienzellen nicht die fundamentale Bedeutung haben, wie man bisher meinte, geht auch aus den schönen Experimentaluntersuchungen Bethe's[4]) hervor, denen zufolge die Reaktion der zweiten Antenne auf bestimmte Reize noch eintrat, als die zugehörigen Ganglienzellen sämtlich entfernt waren, sodass lediglich die Fasern des Neuropils (Punktsubstanz) für diese Leitung verantwortlich gemacht werden können.

---

[1]) F. Mewes, Ueber Struktur und Histogenese der Samenfäden von Salamandra maculosa. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 50, 1897, pag. 110—141, Taf. 7. u. 8.

[2]) G. Brandes, Die Einheitlichkeit im Bau der tierischen Spermatozoen. Verhandl. d. deutsch. zool. Ges. 1897, 148—159.

[3]) St. Apathy, Das leitende Element des Nervensystems etc. Mitt. d. zool. Stat. in Neapel, 1897 Bd. 12, pag. 495—748, Taf. 23—32.

[4]) A. Bethe, Das Nervensystem von Carcinus maenas. Ein physiologischer Versuch. I. Teil, 2. Mitteilung. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 50, 1897, S. 629 ff.

Ein schon viel früher von GRASSI an Chaetognathen angestelltes Experiment scheint BETHE nicht gekannt zu haben. GRASSI[1]) exstirpierte bei Sagitten die ganzen Ganglien und konnte trotzdem eine Zeitlang eine lebhafte Reaktion auf Berührungs- und chemische Reize beobachten. Mir will es scheinen, als ob dieses Experiment in gleicher Weise die fundamentale Bedeutung, die man den Ganglienzellen gemeiniglich zuschreibt, in Frage stellt, denn es ist doch schwerlich anzunehmen, dass die vereinzelten Ganglienzellen des peripheren Plexus die zahlreichen Zellen der grossen Ganglien zu ersetzen im stande sein sollten.

Weitere Untersuchungen werden uns über diese schwierigen Fragen noch mancherlei Aufklärung schaffen, und ich hoffe, dass auch diese Zeilen Veranlassung zu erneuten Untersuchungen nach verschiedenen Richtungen hin geben werden.

---

[1]) a. a. O. p. 60.

